

XV reunión internacional
acOrbat
2 0 0 2

Cartagena de Indias / Colombia / 27 oct - 2 nov • 2002



**Mano a mano
con el futuro.**

MEMORIAS
PROCEEDINGS - MEMOIRES

acOrbat
internacional





Cartagena de Indias / Colombia / 27 oct • 2 nov • 2002



Mano a mano
con el futuro.

MEMORIAS

PROCEEDINGS - MEMOIRES

acOrbat
Internacional



XV Reunión Internacional ACORBAT 2002
Primera Edición
Medellín - Colombia, octubre de 2002

Edita:
Asociación de Bananeros de Colombia AUGURA
Calle 3 Sur N° 41-65 Ed. Banco de Occidente P. 9
Tel: 57 (4) 3211333 Fax: 57 (4) 3214190
Medellín, Colombia
E-mail: augura@augura.com.co
Pág. web: www.augura.com.co

ISBN: 958-33-3905-9

Diseño e Impresión:
Pregón Ltda.

Los conceptos emitidos en los diferentes artículos
son responsabilidad de sus respectivos autores

La mención de tecnologías y productos comerciales, no excluye que existan otros
de iguales o mejores características y comportamiento

XV REUNIÓN INTERNACIONAL ACORBAT 2002 Cartagena de Indias, Colombia

ESTRUCTURA ORGANIZATIVA

REPRESENTANTE INTERNACIONAL ACORBAT

Guzmán Carroz Ch.

ASESOR INTERNACIONAL ACORBAT

Ramiro Jaramillo Celis

ASESOR NACIONAL

Junta Directiva AUGURA

Luis Fernando Arango Arango
Presidente

COMITÉ ORGANIZADOR

Delegado Junta Directiva de AUGURA

Gabriel Harry Hinestroza

Presidente

Roberto Hoyos Ruiz

Secretario

Gabriel Jaime Elejalde Gaviria

Coordinadora General

Sabina Álvarez Echeverri

Coordinador Académico

Luis Fernando Patiño Hoyos

Coordinador Administrativo y Financiero

Jairo Alonso Mesa Guerra

Coordinador de Comunicaciones y RRPP

Néstor Velásquez Botero

COMITÉ ACADÉMICO

Sylvio Belalcázar Carvajal

Pablo Buriticá Céspedes

Enrique Martínez Bustamante

Margarita Perea Dallos

Luis Bernardo Restrepo M.

ÍNDICE GENERAL

Genetic improvement: the only sustainable solution. A tribute to our colleagues	13
Presentación. Por el Presidente de AUGURA y de la XV Reunión Internacional ACORBAT	
Roberto Hoyos Ruiz	21
ACORBAT Asociación para la Cooperación en Investigaciones de Bananos en el Caribe y la América Tropical: PASADO, PRESENTE Y FUTURO. Por el Representante Internacional de ACORBAT	
Guzmán Carroz Ch.	23

Fitomejoramiento y biotecnología

Mejoramiento convencional de banano y plátano: Estrategias y logros	31
Franklin E. Rosales y Luis E. Pocasangre	31
Propagación clonal de bananos en Biorreactores de Inmersión Temporal	44
Clonal propagation of bananas by biorreactors of temporary immersion	44
D. Castro, J. Díaz y N. Montoya	44
Transformación genética de banano (cv Gran enano) y platano (cv Curraré) para introducir resistencia a Sigatoka Negra (Mycosphaerella fijiensis).	49
Genetic transformation of banana (cv Gran enano) and plantain (cv Curraré) to introduce resistance to Black Sigatoka (Mycosphaerella Fijiensis).	49
J. L. Ortiz; M. Gómez; N. Vásquez; M.E. Aguilar	49
Búsqueda de genes de defensa contra la Sigatoka Negra en musáceas	54
Searching of genes of defense against black sigatoka in musa.	54
M. Dagert, K. Boscán, A. Briceño, S. Rangel	54
Estudio en campo de la estabilidad genética y el efecto del cultivo in vitro sobre los componentes del rendimiento de plantas regeneradas vía embriogénesis somática en medios de cultivo líquidos	59
Field study on the genetic stability and the effect of in vitro culture on yield components of plants regenerated via somatic embryogenesis in liquid culture medium	59
Rafael Gómez Kosky, Luis Antonio Barranco, Christian Villalobos, Jorge Sandoval, Borys Chong Pérez, Dion Daniels, Maritza Reyes Vega	59
Biotechnologies toward the genetic improvement in Musa	68
Jean-Vincent Escalant¹ and Bart Panis²	68
Transformación de plantas de plátano cv. hartón (AAB) mediante electroporación de meristemos.	86
Transformation of plantain cv. Hartón (AAB) by electroporation of shoot apex explants.	86
E. de García y C. Villarroel	86
Reacción de diferentes materiales del banco de germoplasma de musáceas al ataque del Picudo negro Cosmopolites sordidus Germar (Coleoptera: Curculionidae)	90

Reaction of different materials from the musaceas germoplas bank to the plantain weevil (<i>Cosmopolites sordidus</i> GERMAR) (coleoptera: curculionidae) attacks	90
C. Castrillón, J. A. Valencia y C. F. Urrea	90
Evaluación de características agronómicas en clones híbridos de platanos (<i>Musa</i> spp).	98
Pedro Orellana Pérez, Idalmis Bermúdez Caraballos, Lourdes García Rodríguez y Novisel Veitía Rodríguez	98

Fitoprotección

Risk of spread of banana diseases in international trade and germplasm exchange	105
David R Jones	105
Generación de banano (C.V. Gran Nain) transgénico conteniendo genes antifúngicos para conferir resistencia contra Sigatoka Negra.	114
Generation of transgenic banana (cv. gran nain) containing antifungal genes as a means to confer resistance to Black Sigatoka	114
Miguel A. Gómez Lim, José Antonio González, Juan Luis Ortiz, María Elena Aguilar, Jorge Sandoval	114
Manejo integrado de la Sigatoka Negra (<i>Mycosphaerella fijiensis</i>) del banano en el trópico seco de México	119
integrated management of Black Sigatoka (<i>Mycosphaerella fijiensis</i>) of banana in the dry tropic of Mexico	119
Mario Orozco-Santos, Javier Farías-Larios, Gilberto Manzo-Sánchez y Salvador Guzmán-González.	119
Influencia de los factores ecofisiológicos sobre el comportamiento de la Sigatoka Negra en la zona bananera del Magdalena	125
Influence of the ecophysiological factors on the behavior of Black Sigatoka in the Magdalena banana growing area	125
H. de. J. Aislant, D. Gámez, B. Nobmann de O., V. M. Merchán, A. Páez, A. Hernández	125
Uso de impulse 80 EC (Spiroxamina) en el combate de <i>Mycosphaerella fijiensis</i> en banano (<i>Musa</i> AAA).	126
Use of impulse 80 EC (Spiroxamine) FOR combat of <i>Mycosphaerella fijiensis</i> in bananas (<i>Musa</i> AAA)	126
Ómar Arias, Rodolfo Ceciliano y Roberto González	126
Alternativas de manejo para el control biológico de Sigatoka Negra (<i>Mycosphaerella fijiensis</i> Morelet) en banano (<i>Musa</i> AAA)	130
Management alternatives for biological control of Black Sigatoka (<i>Mycosphaerella fijiensis</i> Morelet) in banana (<i>Musa</i> AAA).	130
Arango, O. María Eugenia	130
Efecto de una fuente de energía, tres inductores de resistencia y un sustrato foliar sobre Sigatoka Negra en banano .	135
Effect of an energy source, three resistance inductors and a foliar substrate on Black Sigatoka on banana	135
Luis Fernando Patiño H.	135
Manejo de sigatoka negra (<i>Mycosphaerella fijiensis</i> Morelet) y el nemátodo barrenador (<i>Radopholus similis</i> COBB) en banano, usando el activador de resistencia boost 50 SC dentro de un programa de fitoprotección basado en menos uso de agroquímicos	143
Control of Black Sigatoka (<i>Mycosphaerella fijiensis</i> Morelet) and the red burrowing nematode (<i>Radopholus similis</i> COBB) in banana using the plant activator Boost 50 SC within a reduced-input crop protection program	143
Ómar Corrales, Susan Knight, Alejandro Madrigal	143
El bandereo electrónico de DGPS, y sus avances en el mundo bananero y de plátanos	148
DGPS electronic guidance systems, and its advances in the banana and plantain world.	148
Ian J. McVay	148
Monitoring the sensitivity of <i>Mycosphaerella fijiensis</i> to pyrimethanil	153
Monitoreo de la sensibilidad de <i>Mycosphaerella fijiensis</i> a pyrimethanil	153
Patrice Duvert1, Richard Milling1, Roberto González Quesada2	153
Las dinámicas de la sensibilidad de <i>Mycosphaerella fijiensis</i> a estrobilurinas (Qol'S) en Costa Rica	158
The dynamics of strobilurin (Qol's) sensitivity in <i>Mycosphaerella fijiensis</i> in Costa Rica	158
Agnes Amil, Alison Cook, Carole Stanger, Susan Knight, Manuel Wirz and Mike Shaw	158
Resistencia a fungicidas en <i>Mycosphaerella fijiensis</i> Morelet: Estado actual y perspectivas	163
Fungicide resistance in <i>Mycosphaerella fijiensis</i> Morelet: Current status and outlook	163
S. Knight, M Wirz, A. Amil y A. Cook	163

Pathogenic variability in <i>Mycosphaerella fijiensis</i> and its implications for disease resistant bananas and plantains	167
R. A. Fullerton	167
Genética de poblaciones de <i>Mycosphaerella fijiensis</i> en el trópico americano	173
G.G. Rivas-Platero, M.F.Zapater y J. Carlier	173
Update in resistance to black Sigatoka through induced mutations	175
Nicolas Roux and Arsenio Toloza	175
Situación de la Sigatoka negra en Costa Rica y opciones para el manejo de la enfermedad	184
Current situation of Black Sigatoka disease in Costa Rica and options for the disease management	184
Mauricio Guzmán	184
Aportes al conocimiento de la <i>Ceramidia viridis</i> y propuesta de un modelo de evaluación y manejo en la zona de Urabá (Ant.)	193
A contribution to the knowledge of the <i>Ceramidia viridis</i> insect a testing model at Uraba´s zone porposal	193
Marisol León Quiroz, Álvaro Henao Ortiz, Carlos Hernando Pinilla Gallego, Fernando León González Arango	193
Evaluación del insecticida piretroide Bifentrina impregnado en la funda para el control de plagas del racimo en el cultivo de banano en Machala, Ecuador. (<i>Musa paradisiaca</i> L)	202
Evaluation of the insecticide Bifenthrine on impregnated banana bags for pest control in the bunch. Machala, Ecuador. (<i>Musa paradisiaca</i> L)	202
P. Gómez, F. Romero	202
Alternatives to the use of methyl bromide in banana production in Colombia	207
Alternativas al uso de bromuro de metilo en la producción de bananos en Colombia	207
D. A. Castañeda - Sánchez, G.J. Elejalde - Gaviria, L.F.Patiño, J.G. Morales, G.A. Mejía - Mesa, ...	207
Impact of viral diseases on micropropagation and diffusion of newly created banana varieties at CIRAD	212
Impact des maladies virales sur la politique de multiplication et de diffusion de nouvelles variétés de bananiers par le CIRAD	212
Pierre-Yves Teycheney, Nathalie Laboureau, Laurence Zvanella-Dumas, Serge Galzi, Xavier Foissac, François Côte & Marie-line Iskra-Caruana	212
Management of viral diseases of banana	217
B. E. L. Lockhart	217
Manejo integrado de arvenses en plantaciones de banano (<i>Musa</i> AAA)	222
Integrated management of weeds in banana plantation (<i>Musa</i> AAA)	222
Carlos Pinilla Gallego, Jhon García Cardona	222
Strategies for delivering banana integrated pest management technologies in Eastern Africa with emphasis on banana weevil and nematodes	236
Estrategias para la diseminación de tecnologías de manejo integrado de plagas en banano con énfasis en nemátodos y picudo en África del Este.	236
Blomme. G., S. Inzaule, A. Barekye, S. Mgenzi, C.S. Gold, S. Sharrock and E.B. Karamura	236
Dynamics of the sporulation of <i>Mycosphaerella fijiensis</i> in six genotypes of musaceae in the district of Sevilla, Magdalena banana growing area	239
M. Ayala, L. Giovannetti, Betty Nobmann de O., V. M. Merchán, A. Páez y A. Hernández	239
Efecto de diferentes labores de manejo sobre el desarrollo de la Sigatoka Negra en el distrito de Sevilla, zona bananera del Magdalena	240
Effect of the different cultural practices about the development of the Black Sigatoka in the district of Sevilla, Magdalena banana growing area	240
H. Bornacelly, J. Bolaño, Betty Nobmann de O., V. M. Merchán, A. Páez y A. Hernández	240
Comportamiento de la Sigatoka Negra en seis genotipos de musaceas en el distrito de Sevilla zona bananera del Magdalena	241
Behavior of the Black Sigatoka in six genotypes of musaceae in the district of Sevilla, Magdalena banana growing area.	241
I. Lorenzo, G. Consuegra, B. Nobmann de O., V. M. Merchán, A. Páez y A. Hernández	241

Efecto de extractos vegetales sobre el desarrollo in vitro de <i>Mycosphaerella fijiensis</i> , agente causal de la Sigatoka negra en Musáceas	242
Adriana Marcela Arciniegas, Alba Stella Riveros y Jorge Eduardo Loaiza	242
Efecto del Pyraclostrobin sobre el control de Sigatoka Negra (<i>Mycosphaerella fijiensis</i>) en banano	243
Effect of Pyraclostrobin on Black Sigatoka (<i>mycosphaerella fijiensis</i>) control in banana	243
Javier Farías-Larios y Mario Orozco-Santos	243
Relación entre la anatomía foliar de variedades de Musa sp. y su comportamiento frente a la Sigatoka (amarilla y negra)	249
Relationship between leaf anatomy of some varieties of Musa sp. and its behavior towards Sigatoka (yellow and black) disease	249
R. Valerio, H. Lindorf y E. de García	249
The effect of Siganex [®] (Pyrimethanil 60SC) on the early infection stages of Black Sigatoka	255
EL el efecto de Siganex [®] (Pyrimethanil 60sc) sobre los estados precoces de la infección de la Sigatoka Negra.	255
Herrera, J. Arroyave, P. Duvert and B. Jacqmin	255
Virus emergentes en plátano y banano: un nuevo limitante para la producción en la zona cafetera colombiana	260
Gerardo Martínez López, Ph.D.	260
Dinámica poblacional de fitonemátodos en los dos primeros ciclos de producción de plátano (MUSA AAB), con dos clases de semilla asexual	266
Populational dynamics of phytonematods in the firsts two production cycles of (MUSA AAB), cultivated fields with two class of asexual seed	266
C. Castrillón, M. Castrillón y L. A. Pineda	266
Manejo integrado de nemátodos parásitos del plátano, con énfasis en microbiológicos	272
Integrated management of parasitic nematodes of the plantain with emphasis on microbiologic control	272
C. Castrillón; M. J. Botero; C. F. Urrea; J. E. Cardona; L. E. Zuluaga; H. Morales; G. Alzate	272
Potencial del hongo nativo entomopatógeno <i>Beauveria bassiana</i> , como un componente de manejo integrado del Picudo negro (<i>cosmopolites sordidus</i>) en Colombia	278
The potential of indigenous fungal pathogens <i>beauveria bassiana</i> as a component of integrated management of the banana weevil, <i>cosmopolites sordidus</i> in Colombia	278
C. Castrillón; C. F. Urrea; J. E. Cardona; L. E. Zuluaga; H. Morales; G. Alzate	278
Evaluación de <i>Beauveria bassiana</i> (bals.) vuill. en formulación comercial y artesanal para el manejo del Picudo negro (<i>Cosmopolites sordidus</i> GERMAR) en plátano	284
Evaluation of <i>Beauveria bassiana</i> (bals) vuill. in commercial and artesanal formulation for the managing of the banana weevil (<i>Cosmopolites sordidus</i> GERMAR) in plantain	284
J. C., Ríos; A., Soto; C., Castrillón	284
Evaluación de la presencia de <i>Metamasius hemipterus</i> (L.) y <i>Cosmopolites sordidus</i> G. (Coleoptera-Curculionidae), en plantaciones de Plátano, Sur del Lago de Maracaibo, Edo. Zulia.	290
Evaluation of the presence of <i>Metamasius hemipterus</i> (L.) and <i>Cosmopolites sordidus</i> G. (Coleoptera-Curculionidae) in plantain cultures in Sur del Lago de Maracaibo, Sate of Zulia.	290
Briceño, Armando; Hernández, Fraternidad; Mora, Argenís y Ramírez, Wuilson	290
Caracterización de <i>Pyroderces</i> sp. (Lepidoptera: cosmopterigidae) en banano de Ecuador	296
Characterization of <i>Pyroderces</i> sp. (Lepidoptera: cosmopterigidae) in banana of Ecuador	296
C.M. Uquillas	296
Ciclo de vida del lepidoptero (<i>Opsiphanes tamarindi</i>) criado en laboratorio y el consumo de follaje en sus diversos instares	301
Cycle of lepidoptera life (<i>Opsiphanes tamarindi</i>) raised in laboratory and the consumption of leaf in different stages	301
C.M. Uquillas	301
Empleo de la funda Agriban, para la protección de racimos en el cultivo de banano (<i>Musa</i> spp.)	306
Use of the Agriban, bag for the protection of clusters of bananas (<i>Musa</i> spp.)	306
L. Tazán	306
Dinámica de poblaciones de ciperáceas bajo diferentes sistemas de manejo en una plantación de banano en el tropico húmedo de Costa Rica	310

Cyperaceae population dynamics in a banana plantation subjected to several weed management treatments	310
L.W. Acosta y R. Agüero	310
Producción de banano bajo diferentes estrategias de manejo de la flora vascular	315
Banana yield under several management strategies of the vascular flora in Costa Rica	315
L.W. Acosta y R. Agüero	315
Manejo integrado del moko del plátano en el Quindío-Colombia	320
José Ever Vargas-Sánchez, José Roberto Galindo-Álvarez, Édgar Buitraro-Gallego, Luis Ariel Vargas-Sánchez	320

Sostenibilidad

Evaluación de microorganismos aceleradores del proceso de descomposición en banano de rechazo	323
Evaluation of microorganisms in the process of decomposition on stems and rejected banana clusters	323
A. Henao, M. León y J.A. Ospina	323
Banco de semillas de poaceas en un agroecosistema de banano y su relación con el potencial regenerativo	331
Seed bank of poaceae and its regenerative potential in the banana agroecosystem	331
L.W. Acosta y R. Agüero	331
Principles of Integrated FARM Management (IFM) and their application in Banana Plantations.	336
Principios de dirección de cosecha integrada y su aplicación en las plantaciones bananeras.	336
Peter J. Edwards	336
Banatura: Programa de gestión social y ambiental del sector bananero colombiano	343
Banatura: Social and environmental management program of colombian banana sector	343
M. Londoño, M. Osorno, J. Vélez, F. García, M. Montoya y U. Olaya	343
Manejo del suelo para el cultivo del banano	349
Ana Primavesi	349
Fertilización orgánica en banano	352
Organic fertilization in musa spp	352
Raúl García Pérez	352
Manejo integrado de plagas del plátano y el banano	353
Víctor Manuel Merchán Vargas	353
Bacota. Información geográfica y bases de datos, la forma ideal de administración bananera	362
Pablo Arango Quintana	362

Ecofisiología

Evaluación de niveles críticos y normas DRIS para el diagnóstico nutricional del banano 'Giant cavendish' (musa, aaa) en dos regiones de Venezuela1	365
Critical levels and DRIS norms evaluation for the nutritional diagnosis of the 'Giant cavendish' banana (musa, aaa) in two regions of Venezuela.	365
R. Del Valle, W. Briceño y H. Peña	365
Eficacia de diferentes fertilizantes nitrogenados en el cultivo del banano (Musa AAA, Clon "Valery"), en la zona de Riofrío, Magdalena (Colombia)	370
Efficiency of different nitrogen fertilizers for the banana crop (Musa AAA, Clon Valery), in Riofrío (Magdalena), Colombia	370
Guerrero R, R. y Gadban, R. J.	370
Comportamiento productivo de vitroplantas del clon plátano hartón (Musa AAB) en los llanos occidentales de Venezuela	375
Productive performance of horn plantain (musa aab) plantletst on the wester plain area of Venezuela	375
E. Delgado, O. González, D. Romero y N. Moreno	375
Respuestas de intercambio de gases en plátano (Musa AAB cv. Hartón) bajo diferentes condiciones de déficit de agua en una región húmeda tropical del sur del Lago de Maracaibo, Venezuela	380

Leaf gas exchange in cv. Harton (Musa AAB) under several soil water deficit conditions in a humid tropical region in the south of Maracaibo Lake, Venezuela	380
Ramón E. Jaimez, Rada F., García –Núñez, C. y Azocar A.	380
Growing banana under shade screens as a mean of saving irrigation water: preliminary results	384
El cultivo del banano bajo red de sombra a fin de ahorrar agua de irrigación: resultados preliminares	384
Y. Israeli, C. Zohar, A. Arzi, N. Nameri, O. Shapira and Y. Levi	384
Altas densidades de siembra en plátano, una alternativa rentable y sostenible de producción	390
High plant density in plantain, a profitable and sustainable alternative of production	390
Belalcázar C., S.	390
Estado actual y futuro de la nutrición y fertilización del banano	397
José Espinosa y Francisco Mite	397
Respuesta del peso de racimo y otros componentes del rendimiento del platano 'harton enano' (Musa AAB) sometido a tres densidades de siembra 1	408
Bunch weight and others components yield of plantain 'harton enano' (Musa AAB) under three plants densities.	408
Gustavo Martínez, Edwuard Manzanilla, Rafael Pargas, Carlos Marín	408
Proposal for codification of the phenological cycle of edible musaceae	412
Una propuesta de codificación del ciclo fenológico de musáceas comestibles	412
R. Gonzales, C. Ruiz-Silvera, H. Bleiholder, H. Hack, U. Meier, H. Wicke	412
Root system development during two crop cycles in banana and plantain (Musa spp.)	418
Desarrollo del sistema radical durante dos ciclos de cultivo en banano y plátano (Musa spp.)	418
G. Blomme, R. Swennen and A. Tenkouano	418
Semilla inducida en plátano y su comportamiento en condiciones de vivero	425
Induced plantain seed and its behavior in nursery conditions	425
F. Aranzazu H.	425
Efecto de diferentes sustratos sobre el crecimiento de plántulas de dominico-hartón en el Quindío	431
Effect of different substrates on the growth of young plants of dominico-hartón in Quindío	431
Arcila P., M.I.; Valencia M., J.A.; Morales O., H.	431
Fertilización e incidencia de Sigatoka Negra (Mycosphaerella fijiensis morelet) en plátano dominico-hartón (MUSA AAB) en Armenia, Colombia	436
Fertilization and incidence of black sigatoka (Mycosphaerella fijiensis morelet) in dominico hartón plantain (MUSA AAB) in Armenia, Colombia	436
M. M. Bolaños B., F. Aranzazu, L. D. Celis, H. Morales, L.E. Zuluaga	436
Evaluación de cultivares e híbridos de banano y plátano en el trópico húmedo del estado de Pernambuco, Brasil (1er. Ciclo)	441
Evaluation of banana and plantain cultivars and hybrids in the humid tropic of Pernambuco State, Brazil (1st. Cycle)	441
J.F. da Silva Junior, R.J.M. de Moura, S. de O. e Silva, J. Gouveia, V.F. dos Santos e A.R. Lopes Junior	441
Efecto del desmane sobre la calidad y la producción del híbrido de plátano FHIA 21	446
Effect of tear off on the quality and production of the hybrid of plantain FHIA 21	446
Arcila P., M. I.; Valencia M., J. A.; Belalcázar C., S.; Y Morales O., H.	446
Efecto del desmane sobre la calidad del racimo en platano FHIA 21 (Musa AAAB) en los llanos occidentales de Venezuela.	450
Deshanding effect on bunch quality of plantain FHIA 21 (Musa AAAB) on the wester plain area of Venezuela	450
E. Delgado, O. González, N. Moreno y D. Romero	450
Cambios físicos y químicos durante la maduración del plátano dominico-hartón (Musa AAB Simmonds) en la región cafetera central colombiana	455
Physical and chemical changes during ripening of the dominico-hartón plantain fruit (Musa AAB Simmonds) in the colombian central coffee zone	455
Arcila P., M.I., Giraldo G., G., Celis, F.e.3; Duarte, J.	455

Relación entre la edad de cosecha y la maduración de los frutos de platano África 1 (Mbouroukou No. 1) en el departamento del Quindío, Colombia	464
The relation between the harvest and ripeness stage of the fruits of the plantain Africa 1 (Mbouroukou no.1) at the departament of Quindío, Colombia	464
Arcila P., M.I.; Celis G., L.D.	464
The effect of salinity on vegetative growth, mineral composition and transpiration of banana plants	468
Los efectos de la salinidad sobre el crecimiento vegetal, la composición mineral y la transpiración del banano	468
O. Shapira, Y. Israeli, U. Shani and A. Schwartz	468
Fertilización y residualidad de nutrientes, en el cultivo de plátano (Musa AAB) en un andisol del Quindío Colombia	469
Fertilization and residuality of nutrient, in the plantain culture (Musa AAB) in a andisol of Quindío Colombia	469
M. M. Bolaños, H. Morales, L. D. Celis	469

Cosecha y poscosecha

¿How can we reduce losses of banana bunches due to 'fruit speckling' in commercial banana plantations?	477
¿Cómo podemos reducir pérdidas de racimos de banano causadas por el 'speckling del fruto' en plantaciones comerciales?	477
Cornelia Pasberg-Gauhl	477
Musa fruits pre- and post-harvest	481
G. Self	481
Características físicas y químicas del fruto de dominico hartón (Musa AAB Simmonds) DE acuerdo con su posición en el racimo	498
Physical and chemical characteristics of dominico-hartón (Musa AAB Simmonds) fruits according to its position in the bunch	498
Arcila P., M. I.; Cayón S., G.; y Morales O., H.	498
Influencia de la edad de cosecha sobre la maduración del fruto de dominico hartón, en el departamento del Quindío	503
Influence of the harvesting age on the maturation of the fruit of dominico-hartón, in the departament of Quindío	503
Arcila P., M. I.; Celis, L. D. y Morales O., H.	503
Maduración de los frutos del híbrido FHIA 21 asociada a la edad de cosecha; en el Departamento del Quindío, Colombia	507
Híbrido fruits ripeness FHIA 21 related to the harvest time, in the Department of Quindío, Colombia	507
Arcila P., M.I.; Celis G., L.D.	507
Acondicionamiento del platano dominico hartón (Musa AAB Simmonds) con productos químicos y naturales, en el Quindío	512
Conditioning dominico-hartón plantain (Musa AAB Simmonds) with chemical and natural products, in quindío	512
Carvajal E1., A. M.; Másmela C., M. A.; y Arcila P., M. I.	512
Comportamiento físico, químico y organoléptico de frutos de plátano dominico-hartón sometidos a diferentes sistemas de almacenamiento y tipos de empaques en el Quindío	517
Physic, chemical and "organoléptico" behavior of dominico-hartón plantain fruits subjeti to different storage systems and wrapping types in the Quindío	517
Gómez S., G.A.; Jurado C., Y.; Arcila P., M.I.	517
Efecto del empaque sobre la conservación y vida poscosecha del fruto verde del plátano semiprocesado en el Departamento del Quindío	523
Effect of packing on the conservation and life postharvesting of green fruits of plantain semiprocess in the Departament of Quindío	523
Walteros C., N.B.; Ramírez B., C.; Arcila P., M.I.	523

Industrialización, Comercialización y Mercadeo

Diseño de un producto alimenticio para humanos (hojuelas) a partir del raquis de plátano (Musa AAB Simmonds) ...	531
Desing of a nutritional food for humans (leaflet) from the "rachis" of plantain (Musa AAB Simmonds)	531
Carvajal, L. L.; Sánchez, M. L.; Giraldo G., G. Y Arcila P., M. I	531

Le commerce européen de la banane et ses enjeux.	535
The European banana trade and its issues.	535
Denis Lœillet	535
Alternativas de industrialización del plátano Una propuesta	541
Diego A. Restrepo M.	541
Controlled agriculture according to ethical-ecological criteria of crop growing	552
La agricultura controlada según criterios éticos-ecológicos de la cultivos las plantas	552
U. Meier	552
Projections of international banana trade to 2010	557
Paul Pilkauskas	557
Bananas en Europa y EUREPGAP. Expectativas de los consumidores	563
Kristian Möller	563
Situación de la agroindustria de plátano en la zona central cafetera colombiana	568
Situation of the agroindustry of plantain in the central coffee zone of colombia	568
Arcila P., M. I.	568
Reutilización de soluciones concentradas utilizadas en deshidratación-impregnación por inmersión (D.I.I.) de plátano maduro (Musa Paradisiaca L.)	572
Reutilization of concentrated solutions used in dehydration – impregnation by immersion (DII) of riped plantain (Musa Paradisiaca L.)	572
Aceptabilidad por el consumidor de los plátanos África 1 y FHIA 21 en el departamento del Quindío-Colombia	578
Acceptability for the consumer of plantain África 1 and FHIA 21 in the departament of Quindío, Colombia	578
Arcila P., M. I.	578
Crop Timing Plantation (C.T.P) la respuesta a la demanda del mercado	582
Crop timing plantation (C.T.P) the response to marketing demands	582
A. Ronen, I. Cohen, R. Rodriguez	582
Transferencia de tecnología	
Enjeux du plantain au cameroun et amelioration des systemes de production par une recherche-action participative Ludovic TEMPLE, Moise KWA, Roger FOGAIN, Alassa MOULIOM PEFOURA, A.BIKOI	593
Capacitación en equipo a través de parcelas en coautoría para contribuir a la competitividad del agronegocio de plátano en el Quindío.	602
Team trainine by coauthorship plots to contribute to the competitiveness of plantain agrobusiness in Quindío	602
C.I. Muñoz – R.G. Botero	602
Actividades 2000-2002 del programa banano y platano del CIRAD-FLHOR	608
Activites 2000-2002 du programme bananiers, plantains et ananas du CIRAD-FLHOR	608
Thierry Lescot, Jacky Ganry, and Frédéric Bakry	608
Resúmenes analíticos de la investigación sobre plátano en Colombia	609
Analytic abstracts on plantain research in Colombia	609
G. Cayón S.; F. Salazar A.	609
Asociación para la Cooperación en la Investigación del Banano en el Caribe y la América Tropical (ACORBAT) CONSTITUCIÓN	613

Genetic improvement: the only sustainable solution A TRIBUTE TO OUR COLLEAGUES*

In the last two years, the banana world has been shocked and saddened by the loss of five of the most respected and pioneering banana breeders. In January 2000, Dirk Vuylsteke (IITA, Uganda), together with his colleagues and fellow banana researchers, Paul Speijer and John Hartman, tragically lost their lives in the Kenya Airways aeroplane crash. The year 2001 saw the deaths of Phil Rowe (FHIA, Honduras), Ken Shepherd (EMBRAPA, Brazil) and Ren Gonsalves (Banana Board, Jamaica) and in the early days of 2002, Norman Simmonds, one of the fathers of modern plant breeding, also passed away.

In this paper, INIBAP pays tribute to the work of these scientists. This is our opportunity to highlight the immense contribution each one of these researchers has made to banana improvement, and also to pay homage to our colleagues for their humanity and their commitment to research for the benefit of smallholder farmers. It is remarkable that such an important crop as *Musa* should have been neglected by researchers for so long. The five scientists that we remember today, recognised

where others didn't, the value of the banana and plantain crop for subsistence farmers across the globe. They were convinced of the importance of their work and dedicated their lives to it. Breeding bananas is not an easy task. However, thanks to their work, a detailed understanding of the cytology and genetic background of both wild and cultivated bananas has been built up. Great progress has been made in understanding the breeding behaviour of bananas and plantains and an impressive stock of improved diploids have been developed. These are now providing the building blocks for present breeding efforts. These breeders, through long and painstaking years of research, finally developed a first generation of improved, pest and disease resistant, high yielding varieties. Banana farmers around the world began to believe that 'something could be done' to address their problems. Rapid progress is now being made in producing an ever wider range of improved varieties. However, it is very clear that today's achievements are only possible through the dedication, hard work and commitment of our sadly missed friends.

* This article has already been published in the INIBAP Annual Report 2001. INIBAP kindly authorized the ACORBAT 2002 Organizing Committee to publish this full-text article in the Memorias of the ACORBAT meeting 2002.

Phil Rowe (1939 – 2001)

On Sunday, 25 March 2001, Dr Phillip R. Rowe died in La Lima, Honduras at the age of 62 years. For over thirty years he dedicated his career to breeding bananas and plantains. He developed a number of important improved varieties that are now being distributed around the world, from Cuba to Uganda, where they are bringing substantial relief from the effects of banana pests and diseases, most notably black Sigatoka and Fusarium wilt.

Phil was born and schooled in Arkansas. After he graduated from Michigan State University, he moved with his wife Jeannette, to Honduras to take up a post in what was then the United Fruit Company. He quickly became responsible for the banana breeding programme and continued to lead the research until his untimely death, seeing through the transition from a private enterprise to a government research institute, the *Fundación Hondureña de Investigación Agrícola* (FHIA).

The exceptional FHIA hybrids, which Phil developed, are some of the best performing banana varieties in the world. They have proved resistant to multiple diseases and pests, they are high yielding and consistent in performance over wide ranging environmental conditions. Indeed on the strength of their results, these varieties have been selected for adoption and are gradually being taken up in many banana-producing areas. They particularly benefit the smallholder producers, farming in marginal areas without pesticides and fertilizers. Where the hybrids have been introduced, they have been taken up with alacrity by farmers. Cuba, having adopted the FHIA hybrids



Phil Rowe con productores cubanos

on the widest scale, provides the most enlightening example. Increased yields without the use of pesticides have had an immediate and impressive impact on farmers' incomes. Other ongoing projects, distributing the varieties to small-scale producers in Nicaragua, Nigeria and Tanzania for example, have resulted in preliminary increases in yields by a third.

Phil never tired of trying to convince people that "traditional breeding" was the best approach for improving the banana and plantain industry. He worked tirelessly to increase support for traditional breeding because he understood its true potential in improving this "intractable crop". Among the few who understood and appreciated Phil's work were the Cubans. As Jose Manuel Alvarez (Head of the banana research programme in Cuba) wrote "In Cuba we will always remember him with admiration, love and respect; and all those feelings will be manifest in the farms around the Island where today the fruits of his work are flowering". Phil's conscientious dedication to his work will continue to bring benefits to millions of people worldwide. His generosity, humour and compassion will, no doubt, be remembered by a more intimate circle of friends, colleagues and people who benefited from his kindness.

I know of no more urgent food security problem

in the world than that confronting the plantain and cooking banana farmers and consumers in Africa. And I know of no plant disease that currently adversely affects more people than black Sigatoka. Breeding is the only practical solution, and substantial progress has already been made in this regard. More than anything else, the new hybrids produced by FHIA (FHIA-20, FHIA-21 and FHIA-

23) are indicator plants. They show that disease resistant productive hybrids of banana and plantain which are preferred by farmers and consumers can be bred, and are indicative that even better hybrids can now be expected to be forthcoming.

Phil Rowe, in a letter to PROMUSA news, published in INFOMUSA Vol 7 (1), 1998.

Dirk Vuylsteke (1958 – 2000)

Dirk, a Belgian national, graduated from the *Katholieke Universiteit Leuven* (KULeuven) in 1981 with an MSc in Tropical Soil and Crop Science. He worked for some time at KULeuven on the development of a shoot-tip culture protocol for the propagation, conservation, and distribution of plantain germplasm and in 1982, he joined the International Institute of Tropical Agriculture (IITA) as an associate expert. Dirk's work on tissue culture contributed to the successful establishment at KULeuven, of the *Musa* Germplasm Transit Centre by INIBAP. Dirk also established an efficient micropropagation laboratory at IITA's High Rainfall Station and produced training manuals for *Musa* micropropagation and field handling of *in vitro* plants.

To increase the output of hybrids from the *Musa* breeding programme, Dirk developed embryo culture techniques for improved *in vitro* germination of hybrid seed. This technique soon proved to be a key instrument in the breeding programme for plantain and banana, which was initiated at IITA in 1987. The results of the research at IITA showed that segregation takes place in the triploid plantain genome during the modified megasporogenesis leading to a new concept for improving bananas and plantains, whereby a vast



Phil Rowe y Dirk Vuylsteke

array of new genetic combinations is generated through relatively few crossing operations.

From 1991 to 1994, Dr Vuylsteke led a team that succeeded in developing a range of black Sigatoka-resistant plantain and banana hybrids. For this, IITA was presented with the King Baudouin Award, the highest award bestowed on researchers in the Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR) system.

In 1994, Dirk was appointed as Team Leader of the newly established IITA 'East and Southern Africa Regional Center' (IITA-ESARC) in Uganda. As breeder, he took on the challenge of improving the East African highland bananas, a basic staple food crop in the Great Lakes region. The first hybrids are now being tested in Uganda to assess their value and further use in *Musa* breeding for this country and others in the Great Lakes region of Africa. Dirk managed a comprehensive programme for the genetic improvement of bananas and plantains and a new and very promising generation of hybrids, the secondary triploids, was created.

In order to make available to *Musa* scientists world-wide the most relevant parts of his two decades of research at IITA, Dirk's PhD thesis was published posthumously. This thesis provides a testimony of his innovative ideas and dedication for improving the *Musa* crop, particularly for African smallholder farmers. This PhD thesis, as well as Dirk's many other journal articles and book chapters, will be always a source of inspiration to his colleagues and the new generation of scientists involved in germplasm enhancement of research-neglected tropical crops.

In the words of Dirk Vuylsteke "A broad-based, improved *Musa* germplasm with pest/disease

resistance will be a major component to achieve sustainable production of this vegetatively propagated, perennial crop. Such germplasm can be produced through conventional cross-breeding, enhanced by the utilization of innovative methods for the introduction of additional genetic variation. Also, the increased use of molecular markers will accelerate the process of recurrent selection of improved *Musa* germplasm and, hence, facilitate the development of new hybrids. The prospects of banana and plantain breeding are unlimited and increased efforts will at once initiate a new phase of *Musa* evolution."

The last paragraph of the PhD thesis of Dirk Vuylsteke

Kenneth Shepherd (1927 – 2001)

During the more than 40 years that he dedicated to banana research, Ken Shepherd made an immense contribution not only in cytogenetics and improvement but also in taxonomy. In recognition of his immense contribution, *Embrapa Mandioca e Fruticultura* has recently named its latest banana variety 'Pacovan Ken'.

Kenneth Shepherd was born in England in 1927. His career in banana research started in 1950 when, as a 22 year old newcomer he arrived in Trinidad, appropriately enough, from a banana boat. He joined the banana breeding programme at the Imperial College of Tropical Agriculture in Trinidad, where for nine years, he worked closely with Norman Simmonds. Amongst other areas of research, Shepherd and Simmonds studied banana taxonomy, coming up with a new system of nomenclature for banana cultivars based on a scoring method to indicate the relative contribution from the parental wild species, *Musa acuminata* and *M. balbisiana* to the cultivar. The purchase of



a new and advanced microscope encouraged a serious interest in cytology, which culminated in the publication in 1999 of his book 'Cytogenetics of the Genus *Musa*', published by INIBAP as a tribute to his work in this area.

In 1960 he transferred to the Jamaican Banana Board's breeding programme, where he created several genotypes including the hybrid M53. The latter was then added to the Embrapa genebank and was the origin of the variety 'Pacovan Ken'. During his period in Jamaica, a number of other hybrids such as 'Calypso', 'Bucanier' and 'Ambrosia', were also developed.

From December 1981 onwards, Ken continued

his career in Brazil as a consultant with Embrapa, where he set up a banana breeding programme. Throughout his time spent at Embrapa, Ken played a vital role in the breeding programme, in particular by introducing genetic material from other countries, a complex, difficult task that was only possible because of his contacts and his credibility with the international bodies working on *Musa*. The first concrete result of his work in Brazil was the launching of the 'Pioneira' cultivar in 1992.

On his departure from Brazil in 1994, he left behind him a well-trained team capable of continuing the work on promising genotypes. One of these was 'Pacovan Ken', launched in November 2001 as a national crop plant. The new variety is not only more productive than the 'Pacovan' variety

traditionally grown in the Nordeste in Brazil, but it is also resistant to yellow and black Sigatoka and to Fusarium wilt, the three curses of banana around the world. We shall always remember Kenneth Shepherd as a model of competence, modesty, abnegation, impartiality and altruism.

Perhaps the greatest problem of growing bananas in Brazil is the lack of productive commercial varieties, with convenient plant stature and resistance to the major diseases and pests, that satisfy the taste preferences of the vast majority of Brazilian consumers. The varietal improvement project led by EMBRAPA/CNPMP aims to address these constraints.

Shepherd at the First meeting of the Musa breeder's network, held in Honduras, 1994.

Norman Simmonds (1922 – 2002)

Norman Simmonds is probably most well-known as the author of every banana researchers reference book "Bananas" in the Longman Tropical Agriculture Series (1959, 1966 and with R.H. Stover in 1987).

Simmond's career spanned more than five decades, focussing on plant breeding, taxonomy, economic botany and tropical farming systems. His expertise on bananas, sugar cane and potatoes was particularly well recognised. Major collecting trips in East Africa and Asia and the Pacific during the 1940s and 50s allowed him to develop a deep understanding of the origin and spread of bananas. In 1955, together with Ken Shepherd, he created the genome-based system of nomenclature for cultivated bananas as an alternative to the Linnean system to reflect more effectively levels of ploidy and hybridization. In his lifetime, he published 48 scientific papers on banana alone, covering many subjects from genetics to the development of fruit and germination of seeds.

Norman Simmonds' inspirational impact on banana research will dominate for many years. He



laid the foundations for a banana breeding strategy which still serves as a model. Norman was the promoter of the concept of 'broadening the genetic base' for improvement, and the method was applied with great success for sugarcane. He regretted that the concept, although widely accepted in principle, was in his opinion, not sufficiently applied in the field. With the advent of INIBAP, he perceived the great opportunity to see the concept applied for the improvement of bananas and plantains, the staple food of many people in the tropics.

Right until his last weeks Norman actively

participated in agricultural research, regularly interacting with researchers and responding to new developments through his frequent letters published in journals. He made his disapproval of the investment in research on biotechnology well known. This outspoken voice will be missed by his many friends all over the world.

Twenty-five years ago few people even noticed that perennial plants (including bananas) were of profound socioeconomic importance to tropical subsistence farmers; nowadays awareness of

perennials is creeping up on agricultural research systems. One symptom of this awareness has been the recent formation of the International Network for the Improvement of Banana and Plantain (INIBAP)... There is no more important science in the world than tropical agricultural research and we hope that the new 'Bananas' really will be of service, first to the researchers, and subsequently, their customers, the banana growers.

Simmonds writing in the Preface to "Bananas". Stover and Simmonds, 1987.

Reynold Gonçalves (1928 – 2001)

Ren Gonçalves, a Jamaican national, was born in Cuba in 1928. He graduated from Howard University, Washington, with a BSc degree majoring in biology. In 1952, he became Senior Station Master at the banana breeding station, Jamaica and was made Senior Plant Breeder in 1969. During his time as banana breeder, diploid breeding began at the Jamaica breeding scheme and, over the years a great number of crosses were made on an empirical basis. This exercise allowed some generalizations to be made on the available genetic resources and how they may best be used in the future. Following the worldwide spread of black Sigatoka and the decline in Jamaican banana exports, which was accentuated from 1980, genetic studies continued in Jamaica with the aim of finding lines to replace over-sensitive cultivars.

The breeding scheme developed in Jamaica was used to produce improved tetraploids that were: resistant to Sigatoka and to race 1 of Fusarium wilt; comparable to Cavendish clones in yield; better cooking quality than Cavendish clones; and in some cases, better performers under non irrigated conditions than Cavendish clones. Later, the emphasis was placed on the breeding of secondary triploids, with at least one variety showing good promise.

Ren's work made a considerable contribution to international *Musa* breeding and he participated in numerous international conferences and



meetings. He was a prominent figure in the Regional *Musa* Network for Latin America and the Caribbean and his participation and input were much appreciated. At home, his contribution to agricultural development was also recognised and he was awarded the order of distinction at the rank of Commander for his contribution to Agriculture.

"Mycosphaerella pathogens have perhaps become the agents most responsible for the near demise of the banana and plantain cultivars of the producing areas of the world. It is therefore necessary that varieties resistant to these pathogens must be bred to revive the food shortages of the world, especially those areas so dependant on banana and plantain as their staple diet."

Ren Gonçalves in Memoria de la Reunión Regional de INIBAP para América Latina y el Caribe, 1987.

Frantisek J. Novak

FRANTISEK J. NOVAK (1941 – 1993)

Frantisek J. Novak was born in Olomouc, Czechoslovakia on 17 October, 1941. He graduated as an agronomist from the University of Agriculture, Brno in 1963, obtained his Doctorate in Natural Sciences from Charles University in Prag in 1970 and was awarded the degree of Doctor of Sciences by the Czechoslovak Academy of Sciences in 1986.

After leading the Plant Biotechnology Department of the Czechoslovak Academy of Sciences Institute of Experimental Botany in Olomouc, he joined the IAEA in 1983 and became Head of the Plant Breeding Unit in the FAO/IAEA Agricultural Laboratory in Seibersdorf.

He was married to Jarmila Novak and had two children, Peter, 21 and Katerina, 20 years old.

Dr. Frantisek Novak belonged to a small group of dedicated scientist working for the United Nations in Austria. This group is dedicated to helping the poor and hungry to grow more and better food. The impact of the work of this small group is felt worldwide and as a result, more food can now be grown by those who need it most.

Dr. Novak was one of the most outstanding and successful members of this group. With his solid educational and research background, remarkable research skills and his clear conception of where his skills could have the greatest scientific and developmental impact, he succeeded within a very short time in creating, not only a world class research and training centre of excellence, but he also created new, superior varieties and lines of crops which truly can be said to be the staple food crops of the poor.

Although his published scientific papers reveal the wide variety of research contributions he made in the new field of plant biotechnology, especially



in vitro culture, his first concern and his greatest success were in improving the banana group of plants. This remarkable plant is not only the main export article of many developing nations. Its importance lies much more in the fact that there is hardly a human dwelling in the tropical regions of the world which doesn't have a banana tree planted in the back yard. If all else fails, the family has at least its banana tree with its abundant and nutritious fruit.

It may sound incredible, but the world production of bananas is higher than the fish harvest from all the seas of the oceans. This is where Dr. Novak left his permanent mark. The extensive fields in all corners of the tropical world and the millions of households which will be growing the new, high yielding and high quality banana varieties developed by Dr. Novak, will be a lasting testimony to the scientific contribution he made to improve the lot of the poor and to ease their struggle towards a decent existence.

The large number of alumnus who graduated from his training courses and the fellowship holders he guided will continue to use what he taught them

to help the poor.

Frantisek Novak was held in high by his colleagues throughout the world. He was sought after as a lecturer, adviser and expert.

The loss of Dr. Novak to the scientific world, to crop and agricultural research and to the development effort is enormous. The loss to our small group at FAO/IAEA in Vienna and in Seibersdorf is both incomprehensible and irreparable.

Although I stand here at the crossroads where our ways will part forever, I have not come to grips with the fact that Frank is gone. To me he was not only an able and a respected colleague. He was a close and personal friend whom I admired and respected for his human characteristics.

I had known Frantisek long before we both joined the FAO and IAEA and I find it difficult to accept the fact that he has been so cruelly cut down in the middle of a brilliant career, grabbed away

from us and from his loving family, from his wife, Jarmila and from his two children, Peter and Katerina.

Coming from the outer reaches of Europe, Helga and I always found in Frantisek the very symbol of the perfect central European gentleman with manners and a way of interacting with people that generated respect.

On behalf of all his colleagues and friends at the Joint FAO/IAEA Division and Seibersdorf, our families and his colleagues at FAO, Rome, I express our deep sorrow and regret over this untimely and sudden death from an unimaginable freak accident and I extend from all of us our deepest sympathy to Jarmila and the children as well as to his mother and family.

May God bless the memory of this great and good man and the future of his surviving family.

Bjorn Sigurbjornsson - IAEA

Presentación

Cartagena de Indias, octubre de 2002

Amigos participantes de la XV Reunión Internacional ACORBAT 2002

Colombia y AUGURA recibieron con orgullo en Puerto Rico el reto de oficiar como anfitriones y organizadores de la XV Reunión Internacional ACORBAT 2002. Hoy, el compromiso es una realidad que baja lentamente su telón y nos complace compartir con alegría el éxito obtenido en esta versión del tradicional encuentro que reúne a los investigadores, productores, comercializadores y en general a todas aquellas personas interesadas en la investigación de musáceas.

Durante estos dos años AUGURA trabajó siempre pensando en realizar una reunión académica del más alto nivel y con una organización que respondiera a la confianza depositada por ACORBAT al brindarnos la oportunidad de ser por segunda ocasión los anfitriones de este magno evento.

Para Colombia, la XV Reunión Internacional ACORBAT 2002 es de suma importancia, pues no sólo es el montaje de una actividad global que incluye la exhibición de insumos, productos y servicios de las empresas que atienden el sector, sino la oportunidad de mostrar la cara amable de nuestro país. Esta semana en la que compartimos con viejos amigos e hicimos muchos nuevos, significa para Colombia la potencialización del sector bananero nacional.

Además, la XV Reunión Internacional ACORBAT 2002 se convirtió en una opción de presentar el Urabá antioqueño al mundo y ante todo, en un importante espacio de capacitación para los productores, comercializadores, técnicos e investigadores que conocieron durante cinco días los resultados de los últimos trabajos de investigación científica realizados en el mundo entero sobre banano y plátano.

Es importante para nosotros haber presentado ante cada uno de los asistentes una imagen diferente de Colombia y de la Región de Urabá; personas amables, laboriosas, estudiosas y constructoras de convivencia. Porque Colombia no es el perfil que diariamente percibimos en los medios de comunicación nacionales e internacionales. Somos mucho más. Personas que queremos y trabajamos con honradez y entusiasmo por unas mejores condiciones de vida para todos.

Para la Asociación de Bananeros de Colombia AUGURA, entidad que se propuso también con la organización de este evento:

- Redinamizar a ACORBAT como el espacio natural para el intercambio de conocimientos científicos, tecnológicos y comerciales en torno a las musáceas, y
- Generar para los asistentes de más de 25 países relacionados con el banano y el plátano espacios para el intercambio de saberes y experiencias en torno al mejoramiento de su cultivo, manejo, producción, empaque y procesamiento, es un placer entregar estas Memorias que servirán como guía académica durante el evento y posteriormente como fuente de consulta dadas la calidad e importancia de las investigaciones en ellas consignadas.

Otro insumo que dejamos como Organización al servicio de la comunidad científica congregada en ACORBAT y que fuera diseñado para lograr los objetivos arriba planteados, es el sitio web:www.acorbat.org, herramienta comunicacional que esperamos sea aprovechada por los integrantes de ACORBAT y por el país que salga elegido como sede de la XVI Reunión de la Asociación para la Cooperación en Investigación del Banano en el Caribe y la América Tropical.

Fue muy placentero para nosotros contar con la presencia de todos ustedes y tenerlos en una de las ciudades más hermosas del mundo, Cartagena de Indias, patrimonio histórico y cultural de la humanidad según la UNESCO.

Pero la XV Reunión Internacional ACORBAT 2002 no termina con el acto de clausura y la entrega de certificados de asistencia. Es aquí donde empieza una nueva misión, un trabajo arduo por integrar y conseguir lo mejor para el sector, porque la única manera de responder con pujanza ante las dificultades es trabajar “mano a mano con el futuro” a través de la investigación.

Muchas gracias por habernos acompañado en este gran esfuerzo.

Que Dios los bendiga,

ROBERTO HOYOS RUIZ
Presidente Ejecutivo AUGURA

ACORBAT

Asociación para la Cooperación en Investigaciones de Bananos en el
Caribe y la América Tropical

PASADO, PRESENTE Y FUTURO

Ing. Agr. Guzmán Carroz Ch.
Representante Intenacional de ACORBAT

PRÓLOGO

Son varios los amigos investigadores que han fallecido durante los últimos años, quienes han dejado valiosos resultados de sus experimentos, que han servido para las tomas de decisiones de investigaciones futuras.

Entre estos investigadores fitomejoradores, quienes han dejado un profundo vacío tecnológico, se encuentran los **Dres. PHILLIP R. ROWE, DIRK R. VUYLSTEKE, NORMAN SIMMONDS, FRANTISEK J. NOVAK, KENNETH SHEPHERD Y REYNOLD CONÇALVES.**

Con motivo de la celebración de esta **XV Reunión Internacional de ACORBAT**, en Cartagena-Colombia, les rendimos un merecido homenaje póstumo y se desea que sus memorias iluminen el difícil camino por transitar en la búsqueda de soluciones a los innumerables problemas que cada día se presentan en los cultivos de musáceas, sobre todo en el sector del pequeño productor.

ACORBAT es un escenario para los investigadores, productores, empresarios y técnicos de América Tropical y el Caribe y otras latitudes, que tiene como fin principal, recomendar o colaborar en estudios, investigaciones, examen o experimentos que pretendan mejorar los cultivos de bananos y plátanos, su manejo y procesamiento.

Son pocos los eventos que reúnen tan excelentes personalidades, de tantas naciones y con tanta diversidad de especializaciones e intereses, con el ánimo de intercambiar ideas, informaciones y dialogar sobre los múltiples problemas presentes y futuros de un cultivo que tiene extrema importancia en lo económico y social y que es la base de la alimentación diaria de millones de seres en varios continentes.

Es muy difícil evaluar los aportes de ACORBAT

en la consecución de los logros esperados, como resultado de la transmisión de información a los miles de productores, técnicos y científicos que han participado en los diferentes eventos organizados por la Asociación desde el inicio de las reuniones en 1970. Es por ello que la celebración de esta **XV Reunión** tiene especial importancia para nuestra asociación, ya que servirá de marco de referencia para la toma de decisiones en la conducción futura de la misma. Al respecto, en las últimas reuniones se ha notado una falta de aplicación de los estatutos vigentes y, por lo tanto, un desfase en su normal desenvolvimiento.

ACORBAT ha cumplido con sus objetivos. Las últimas reuniones se han convertido en algo más que un simple evento de ciencia y tecnología. Han sido un punto de encuentro entre los diversos sectores que interactúan en esta dinámica agroindustria.

Aquí es oportuno mencionar las palabras alentadoras de **Don Ramiro Jaramillo Celis**, *“La Asociación ha propiciado, por vías inimaginables, no solo cambios tecnológicos sino que ha creado una nueva actitud en la manera como se analizan los problemas que confronta esta agroindustria. Quizás, sea el resultado de los principios que la animan y el que no haya estado supeditada a ningún organismo que condicione su funcionamiento.*

Quienes hemos estado vinculados a ACORBAT desde sus inicios, hemos visto nacer y desaparecer ideas, conceptos, instituciones y empresas relacionadas con el quehacer bananero y platanero. La asociación ha sobrevivido porque tiene objetivos claros y sencillos, porque se ha desenvuelto libre de ataduras dogmáticas y porque sus forjadores han sabido transmitir el ideario a quienes les suceden con su manejo, para que éstos a

su vez los adapten a los nuevos tiempos.

Algunos elitistas piensan que se pierde profundidad científica al notar la presencia de productores y de representantes de empresas de agroquímicos dedicadas a la producción y comercialización de insumos agrícolas. Lo cierto es que los resultados científicos deben beneficiar a todo el gremio y no debe ser privilegio de unos pocos.

La supervivencia de ACORBAT dependerá en gran medida, de la gestión que le impriman quienes la van a dirigir y del entusiasta apoyo de sus asociados, será necesario efectuar cambios para adecuar la Asociación a las circunstancias presentes y futuras en que deba desenvolver sus actividades”.

Sirva entonces esta oportunidad para sentar los precedentes que regirán el futuro de ACORBAT y su conducción exitosa en el devenir de los años.

CÓMO NACIÓ NUESTRA ASOCIACIÓN

En febrero de 1964, el Instituto Francés de Investigaciones de Frutas de Ultra-mar(IFAC) y el gobierno francés, extendieron una cordial invitación a investigadores, Industriales, Economistas y comerciantes del Caribe, a una reunión sobre el cultivo del Banano en Guadalupe.

Una de las grandes conclusiones de esta reunión fué, que todos los productores de esta gran región tenían problemas comunes, que los científicos trabajaban para resolver dificultades similares y que el solo contacto con personas de otras latitudes auspiciaba un excelente y ventajoso intercambio de experiencias.

Como los problemas del cultivo de los diferentes países se podían resolver de manera semejante, se acordó seguir realizando estas reuniones periódicamente con el fin de establecer una mejor relación entre técnicos e instituciones para evitar la duplicidad de esfuerzos con el propósito de reducir costos y coordinar acciones en los trabajos de investigaciones científicas futuras.

Fué así como en una reunión efectuada en Puerto Rico en noviembre de 1964, con participación de delegados del Departamento Bananero de Jamaica, de la Universidad de Puerto Rico, el IFAC, el WIBAN(Asociación de Productores de Banano de las Islas de Barlovento), de la Universidad de las Antillas en Trinidad y el Gobierno de Surinam, se decidió la constitución de la Asociación de Inves-

tigadores del banano en esta región, la cual se denominaría **ACORBAT**.

Se procedió a la elaboración de su Carta Magna provisional y se nombraron como primeros directivos a los Sres. **M.H. Guyot**(del IFAC), como Presidente y a **M.P. Subre**(del IFAC), como Secretario-tesorero.

En septiembre de 1965, los estatutos fueron aprobados por los delegados de las organizaciones mencionadas anteriormente, en una reunión realizada en Fort-de-Francia en Martinica, y quedó legalmente constituida como una asociación **el 12 de julio de 1966**, de conformidad con la ley francesa del 01 de julio de 1901, con oficina registrada en IFAC, Fort-de-Francia, Martinica.

Objetivos Generales de ACORBAT

1. Recomendar cualquier estudio, investigación, análisis o experimento con los cultivos de Bananos y Plátanos en el Caribe y en la América tropical, cuyo propósito sea mejorar el cultivo, manejo, empaque o procesamiento del mismo.
2. Promover la adopción de métodos y técnicas, diseñados para mejorar la calidad de la fruta y estimular la aceptación, por parte de los consumidores, de musáceas producidas por los países miembros de la asociación.
3. La asociación esta facultada para:
 - a. Subvencionar a instituciones científicas encargadas del mejoramiento de la industria bananera y platanera.
 - b. Compensar a los investigadores cuyos estudios sobre el banano y plátano sean de utilidad para la industria.
 - c. Conceder becas y ayudas a estudiantes que deseen especializarse en investigación bananera.
 - d. Fomentar el intercambio de información y la realización de reuniones bianuales entre investigadores de este cultivo.
 - e. Facilitar la aplicación práctica de los resultados de investigación.

Clases de Afiliación

1. **Patrón.** Presidentes Honorarios y Miembros Honorarios.
 - a. **Patrón:** Es la máxima distinción que otorga la asociación por méritos científicos y apoyo a ACORBAT. Sólo al Dr. Jean Champion se le ha

otorgado tal distinción el 15 de julio de 1971.

b.- Presidentes Honorarios: Han sido presidentes del comité internacional y se les otorgó esta distinción al Dr. Joseph Edmunds, Ing. Ramiro Jaramillo Celis, Ing. Moisés Soto e Ing. José Antonio Guzmán.

c.- Miembros Honorarios: Comprende aquellas personas que han contribuido con la asociación en los aspectos de investigación y desarrollo. Entre ellas se tiene:

- Dr. J.D. Sessing, Banana Board. Kingston, Jamaica, 1971.
- Dr. R.H. Stover, UFC, Canadá. Pointe-a-Pitre, Guadalupe, 1983.
- Dr. Andre Wybou, Bayer, Alemania. Santa Marta, Colombia, 1987.
- Dr. Frantisek Novak, IAEA, Checoslovaquia(In memoriam). San José, Costa Rica, 1994.
- Dr. Rodrigo Tarté, Fundación Natura-CATIE, Panamá. San José Costa Rica, 1994.
- Dr. Silvio Belarcázar, ICA, Colombia. San José, Costa Rica, 1994.
- Dr. Hugues Tezenas du Montcel, CIRAD-FLHOR, Francia. Santo Domingo, República Dominicana, 1996.
- Ing. Gonzalo Gambarrotti, Exportadora Noboa, Ecuador. Guayaquil, Ecuador, 1998.

2.- Miembros Fundadores. Fueron aquellas instituciones o personas dedicadas a la investigación bananera, que contribuyeron en la elaboración y aprobación del acta constitutiva de ACORBAT. Entre estas se tienen:

- IFAC, Institute Français de Recherches Fruitiers, con Departamentos en Guadalupe, Guayana Francesa y Martinica.
- Banana Board, Jamaica.
- Agricultural Experimental Station, University of Puerto Rico.
- Agricultural Experimental Station, Surinam.
- School of Agriculture, University of the West Indies.
- Windward Islands Banana Research Sherme, Windward Islands.

3.- Miembros Corporativos. Son instituciones donantes de dinero, anualmente, a la Asociación.

4.- Miembros Activos. Cualquier persona o institución que esté de acuerdo con los estatutos de ACORBAT.

Status de sus socios

PAIS	Nº SOCIOS	ACTIVOS	NUEVOS
Venezuela	58	19	8
Costa Rica	32	14	2
Ecuador	31	7	2
México	24	4	0
Rep. Dominicana	13	3	1
Honduras	8	4	1
Colombia	10	5	3
EEUU	8	1	0
Brasil	7	1	1
Jamaica	4	1	0
Puerto Rico	4	2	0
Francia	2	2	0
Panamá	2	1	1
Argentina	2	0	0
Bélgica	2	0	0
Guatemala	2	0	0
España	1	0	0
Sta. Lucía	1	0	0
Suiza	1	0	0
Desconocidos	9	1	0
Total	221	65	19

Cuando se analiza la información que se presenta en este cuadro, se deduce que todos los países de Norte, Centro y Sur América y el Caribe tienen socios en ACORBAT, así como también varias naciones de Europa y otros continentes; sin embargo, llama la atención ver que en los últimos países donde se han realizado reuniones bianuales, es donde existe mayor número de socios.

No obstante, es preocupante observar que apenas un 30 % está al día con sus obligaciones en la Asociación, por lo tanto activos, así como también la incorporación de nuevos socios es bastante baja. Sería necesario analizar las causas que ocasionan esta situación, que en nada benefician a la Asociación.

El papel protagónico de los delegados internacionales es fundamental para estimular a las instituciones, investigadores, productores y técnicos de los diferentes países, a formar parte integrante de ACORBAT y fortalecer aún más el cumplimiento de los objetivos para la cual fue creada.

se debe tomar conciencia y tratar de establecer como norma, que los amigos de ACORBAT que asistan a las reuniones bianuales, se inscriban como socios y solventen los dos años de membresía por adelantado, para disponer de recursos económicos necesarios para una mejor organización de las reuniones futuras.

Reuniones y Países Sedes

REUNIÓN	CIUDAD	PAÍS	FECHA	INSC.	SOCIOS	ACTIVOS
I	Castries	SANTA LUCÍA	25-27 de mayo 1970	0	70	70
II	Kingston	JAMAICA	12-16 de julio 1971	10	110	10
III	Fort-de-France	MARTINICA	20-25 de mayo 1974	28	581	158
IV	C. de Panamá	PANAMÁ	21-24 de mayo 1979	143	20	120
V	Guayaquil	ECUADOR	22-27 de junio 1981	164	164	DN
VI	Pont-à-Pierre	GUADALUPE	15-21 de mayo 1983	180	180	ND
VII	San José	COSTA RICA	2-27 de sept. 1985	273	23	23
VII I	Santa Marta	COLOMBIA	27 sept.-2 oct. 1987	470	40	ND
IX	Mérida	VENEZUELA	21-29 de sept. 1988	489	49	ND
X	Villahermosa	MÉXICO	03-08 de nov. 1991	71	39	29
XI	San José	COSTA RICA	13-18 de feb. 1994	60	123	23
XII	S. Domingo	REP. DOMINIC.	27-31 de oct. 1996	60	67	65
XII I	Guayaquil	ECUADOR	23-29 de nov. 1998	100	201	8
XIV	San Juan	PUERTO RICO	31 jul.-4 ago. 2000	80	20	44
XV	Cartagena	COLOMBIA	27 oct.-2 nov. 2002	?	?	?

ND: Información no disponible

La afluencia de asistentes a las reuniones bianuales va aumentando cada año; sin embargo, se observa con preocupación una disminución en el número de asociados a partir de la X Reunión hasta la presente, y más preocupante aún es la situación de que el número de socios activos va en franco decrecimiento.

El motivo por el cual está ocurriendo dicha situación, probablemente, sea la falta de promoción

de los delegados internacionales, debido a la carencia de una campaña divulgativa y de incentivos hacia los mismos, por parte de los Comités Central y Local de ACORBAT.

La Asociación debe sufrir profundos cambios estructurales para reafirmar el cumplimiento de los objetivos iniciales y adecuar su acción a los tiempos actuales, para que esa masiva asistencia pueda apoyar incondicionalmente a la Asociación.

Fortalezas

- 1.- Excelente poder de convocatoria
- 2.- Independencia oficial y dogmática.
- 3.- Posee socios especialistas en cada uno de los aspectos del cultivo.
- 4.- El gran número de personas dedicadas a la investigación y mejoramiento de los bananos y plátano.
- 5.- La coordinación con organismos e instituciones de apoyo y financiamiento a la investigación y transferencia de tecnologías en musáceas.
- 6.- El éxito obtenido en todas las reuniones realizadas en cada país.

y

Debilidades

- 1.- Deficiente sistema administrativo
- 2.- Deficiente sistema de cobranza
- 3.- Deficiente sistema de divulgación y promoción a nivel mundial.
- 4.- Carta constitutiva muy antigua y sin actualizaciones.
- 5.- Falta de información sobre la gestión de los Comités Locales en la Asamblea de Socios de cada reunión.
- 6.- Desconocimiento de los estatutos por la mayoría de los asociados.
- 7.- Falta de estímulos e incentivos a los delegados internacionales.

Oportunidades

- 1.- Excelente cobertura mundial
- 2.- Disponibilidad de infraestructura científica y tecnológica (Inst. de Inv., Universidades, entre otros).
- 3.- Excelentes escenarios físicos en las capitales de los países socios.
- 4.- Alto nivel de competitividad entre los países productores, generan nuevas investigaciones y tecnologías.
- 5.- Excelente coordinación mundial de actividades de investigación y organización a través de Internet.

y Amenazas

- 1.- La creciente incertidumbre e inestabilidad macroeconómica mundial.
- 2.- Tendencia a la disminución y estatización de los precios de la fruta en los mercados internacionales.
- 3.- La tendencia a la disminución de la demanda mundial de frutas.
- 4.- El deterioro creciente del ambiente por el uso excesivo de biocidas.
- 5.- La tendencia de algunos integrantes de Comités Locales, en convertir el evento en un negocio financiero.

IMPORTANCIA DE LA VISIÓN COMPARTIDA

(Bennis y Nannus, 1985)

"Cuando la organización tiene un sentido claro de su propósito, de su dirección y del estado futuro deseado, y cuando esta imagen es compartida ampliamente, las personas son capaces de encontrar sus roles en la organización y en una sociedad más amplia de la cual son parte".

"Una visión compartida del futuro también sugiere medidas que sean eficaces para la organización y para sus partes. Ayuda a que sus miembros distingan entre lo que es bueno y lo que es malo para la organización, y lo que bien vale la pena querer alcanzar".

VISIÓN DE ACORBAT

Una gran asociación mundial de amigos de las musáceas (Bananos y Plátanos), sin fines de lucro, con visión futurista de un desarrollo científico integral, armónico y sostenible que permitan un avance en la aplicación de tecnologías de punta, para una mayor productividad, mejor manejo y

producción y por ende más alimento para la humanidad.

ESTRATEGIAS DE ACCIÓN A SEGUIR

1. Revisar los estatutos vigentes de la carta constitutiva.
2. Elegir una nueva Junta Directiva Internacional de ACORBAT.
3. Incorporar en la memoria de cada reunión, los estatutos y reformas de la Asociación, la directiva local e internacional y los delegados de cada país, la lista de socios y su status y la gestión del Comité Local de ACORBAT.
4. Reglamentar el "royalty" de los Comités Locales hacia el Comité Internacional de ACORBAT.
5. Incorporar como socios a los inscritos en las reuniones bianuales y recomendar el pago adelantado de dos años de membresía para ser miembros activos.
- 6.- Reglamentar las responsabilidades de los delegados locales en cada país y establecer sus incentivos.



Fitomejoramiento y biotecnología

syngenta

 **Dow AgroSciences**

COTECNA



Mejoramiento convencional de banano y plátano: Estrategias y logros

Franklin E. Rosales y Luis E. Pocasangre**

RESUMEN

Esta presentación cubre aspectos generales de la historia del mejoramiento genético convencional del banano y el plátano, distinguiendo los periodos importantes en los 80 años desde sus primeras actividades en la década de 1920. Las bases del mejoramiento convencional son presentadas, enfatizando las complicaciones genéticas y estructurales del sistema, para luego explicar los objetivos y estrategias generales del mismo. Los esquemas, estrategias y logros de los seis principales programas de mejoramiento genético convencional del mundo son discutidos en forma individual.

ABSTRACT

This presentation covers general aspects on the conventional banana and plantain breeding history. Especial important periods on the 80 years of breeding activities are highlighted since the off-set in the 1920 decade. The bases of the conventional breeding scheme are presented, emphasizing the system genetical and structural drawbacks, to later explain its major objectives and general strategies. Breeding schemes, strategies and achievements of the six most important banana and plantain improvement programs are discussed individually.

I

INTRODUCCIÓN

La historia del Mejoramiento Genético del banano ha sido descrita en varias publicaciones (Simmonds, 1966; Rowe and Richardson, 1975; Stover and Buddenhagen, 1986; Stover and Simmonds, 1987; INIBAP, 1994; Jones, D.R., 2000; Silva et al, 2001), Aspectos sobre la creación, estrategias, desarrollo y logros de cada uno de los programas de mejoramiento convencional, son parte principal de esta presentación. La historia más conocida comienza en el Colegio Imperial de Agricultura Tropical (ICTA por sus siglas en Ingles) en Trinidad en 1922, seguido casi simultáneamente por la creación del programa en Jamaica (1924)

bajo la supervisión del Jamaican Banana Board. En esa misma década, (posiblemente en el mismo tiempo) la United Fruit Company (UFCo) inició un programa en Panamá que fue cancelado en 1930 y la colección de germoplasma trasladada a Honduras. En esa época la causa de estas iniciativas fue la enfermedad conocida como el “mal de Panamá” o marchitez bacterial, la cual desde finales del siglo anterior estaba afectando a la variedad principal de exportación, el “Gros Michel”.

Ambos programas hicieron sus propias expediciones al centro de origen y/o dispersión del banano para coleccionar germoplasma que sirviera de base a su esquema de mejoramiento. El ICTA hizo

* Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano, INIBAP, c/o CATIE, Turrialba, Costa Rica. Tel/fax: (506) 556 2431; e-mail: inibap@catie.ac.cr

dos colecciones, una al este de Africa y la otra al Sudeste de Asia y el Pacifico. El Dr. O.A. Reinking colectó para la UFCo en la Indochina Francesa, Filipinas, Malasia, Sumatra, Java, Islas Celebes, Nueva Guinea, Australia, Birmania, India y otros lugares del Sudeste de Asia. En esta expedición se colectó el cultivar “Valery” (Cavendish AAA), en Saigón, Vietnam (1925).

En los años 50s, cuando ya era evidente que el “Gros Michel” no podría ser cultivado comercialmente y los clones del subgrupo Cavendish ya estaban establecidos en el mercado, los programas empezaron a usarlo como el estándar de selección para su mejoramiento genético. En esa época hubo un fortalecimiento de las investigaciones bananeras; el programa del Caribe se afianzó en Jamaica (1969) y la UFCo reinició (1958) con fuerza su programa, esta vez en la estación experimental de Guaruma #1 en La Lima, Honduras. Para ese tiempo los programas de Jamaica y Trinidad habían sentado las bases del mejoramiento; tenían sus primeros híbridos tetraploides y triploides secundarios, así como algunos diploides mejorados y se habían dado cuenta que el éxito de este esquema de mejoramiento dependía de los progenitores diploides. Por tal razón, y muy justificadamente, se hicieron nuevas expediciones de colecta. Durante los años de 1959–1961, el programa de Honduras colectó en el Pacifico Occidental y nuevamente en el Sudeste de Asia.

Así como el Mal de Panamá inició el proceso del mejoramiento genético a principios del siglo pasado, otra enfermedad sería también la causa de cambios significativos en los estándares de selección y justificaría la apertura de nuevos programas. Con la aparición de la Sigatoka negra en América Latina (1972) y en Africa (1973) y su rápida dispersión y efecto negativo tanto en bananos de exportación como en el plátano y bananos de uso local, se dieron varios cambios en la historia del mejoramiento. Primero se fundó el programa de EMBRAPA-CNPMF en Brasil en 1981, aunque su objetivo principal ha sido la búsqueda de resistencia contra el mal de Panamá, ya preveía la llegada de la Sigatoka negra a ese país. Este programa esta ahora contribuyendo grandemente en la lucha contra esta enfermedad. La Sigatoka fue también la principal justificación para la creación de la Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano (INIBAP) quien desde 1984 empezó a

reposicionar a nivel mundial la importancia de los bananos en general, pero muy particularmente la de los plátanos y bananos de cocción que son alimento importante en Africa, Asia y América Latina. El INIBAP también comenzó a hacer notar el efecto de diferentes enfermedades (además de las Sigatokas) como el Mal de Panamá raza 4 y las virosis (BBTV, CMV, BSV), que estaban afectando la producción de los principales cultivares. En seguida de Brasil se inicia en Guadalupe (1983), Caribe Francés, el programa del CIRAD-FLHOR. En esa misma década, 4 años más tarde inicia también el programa del IITA en Onne, Nigeria (1987). Mas recientemente (1992) se funda el programa de mejoramiento genético de plátanos en Camerún bajo la supervisión del CRBP. Aunque Singh y Uma (2000) mencionan que ya desde 1949 se hacían trabajos de mejoramiento convencional en la India, no a sido hasta la década pasada en que se ha empezado a conocer algunos de los esfuerzos que se están haciendo en esa parte del mundo.

BASES DEL MEJORAMIENTO CONVENCIONAL

Sin entrar en los detalles y las implicaciones de la nomenclatura botánica, morfología, origen y dispersión, genética, citogenética, entre otros, que no son el tema de esta presentación, trataremos de describir en general el conocimiento que forma las bases sobre la cual descansan las actuales estrategias y esquemas del mejoramiento convencional del banano. Hacemos notar que en muchas partes de este documento, por brevedad, se usa el término banano en forma amplia para referirnos a todos los tipos de bananos, incluyendo los plátanos y los bananos de cocción.

Los bananos y plátanos son grandes plantas monocotiledóneas herbáceas, clasificadas según Simmonds (1966) dentro de la familia Musáceas, en la sección o serie *Eumusa*, género *Musa*. Casi todos los cultivares de banano y plátano se derivaron de las especies contenidas en la serie *Eumusa*, especialmente de las especies *Musa acuminata* y *Musa balbisiana*, originarias de Asia. Las letras A y B designan la ploidía y la composición genómica con respecto a las dos especies parentales antes mencionadas: *M. acuminata* y *M. balbisiana*. Así tenemos que los plátanos, por ejem-

plo el plátano “Cuerno”, son del grupo AAB, triploides, con dos conjuntos de cromosomas de *acuminata* y uno de *balbisiana*. Conocemos también que los principales cultivares de exportación (i.e. “Grande Naine”) pertenecen al grupo AAA subgrupo Cavendish, triploides, con todos los cromosomas provenientes de *M. acuminata*. Los genomas más importantes por su valor como alimento básico o como fuente de ingreso, son los genomas AAA, AAB y ABB (Figura 1).

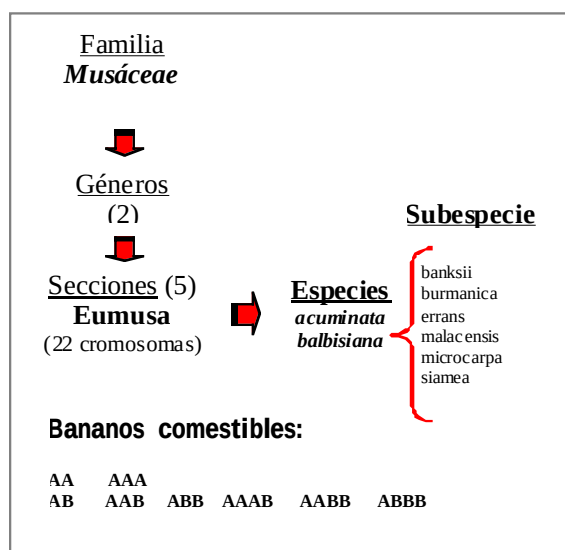


Figura 1. Clasificación botánica simplificada de bananos y plátanos.

El género *Musa* incluye miembros con tipo de reproducción sexual (por semilla) y asexual (corros y meristemos) (Sharrock, 2001). El número básico de cromosomas para los bananos y plátanos (incluyendo los bananos de cocción tipo AAB y ABB) es de 11 ($2n = 2x = 22$ cromosomas).

La mayoría de las especies en la sección *Eumusa* producen flores masculinas y femeninas en forma separada dentro de la misma inflorescencia. Las flores femeninas aparecen primero que las masculinas, en forma tal que la polinización dentro de la misma inflorescencia tiene que ser de tipo exógena ya que la autopolinización es imposible. Sin embargo, dentro de una misma mata (o postura de siembra) existen varias plantas que sí pueden producir flores masculinas y femeninas en forma sincronizada, por lo que la autopolinización en la

misma planta (entre plantas hermanas) si es posible de esa manera. En muy pocos casos, como por ejemplo en *M. a. spp. banksii* y *M.a. spp. errans*, se producen flores hermafroditas y según J.P. Horry (mencionado por Sharrock, 2001) el nivel de heterocigosidad es menor del 10%, y que aún en las subespecies con flores no-hermafroditas el promedio de heterocigosidad es de solamente 25%.

Los bananos silvestres son diploide ($2n = 2x = 22$ cromosomas), producen semillas, generalmente la semilla es fértil, y la polinización es esencial para el desarrollo del fruto. Los cultivares comerciales son triploides ($2n = 3x = 33$ cromosomas), no producen semillas (solo en muy raras ocasiones y en contados cultivares) y el desarrollo de los frutos no requiere del auxilio de la polinización (partenocarpicos).

La partenocarpia y la esterilidad son producto de mecanismos genéticos diferentes. Existe esterilidad genética, así como también la causada por la estructura híbrida del germoplasma. La esterilidad en los triploides sería del tipo estructural; sus flores femeninas son altamente estériles, y las flores masculinas no contienen polen viable.

Los clones diploide, como se verá más adelante, son la base para el mejoramiento genético y ésta es su principal utilidad, ya que son muy poco usados como fuente de alimento. Generalmente son plantas más delgadas, de porte alto, con producción prolifera de hijos, de racimos y dedos pequeños y llenos de semillas. Los triploides son el producto final ideal de todo programa de mejoramiento por ser plantas mucho más vigorosas que los diploide, con un potencial de producción mucho más alto, racimos grandes y mejor conformados, frutos más largos y gruesos y lo que es esencial, partenocarpicos y estériles. La producción de semilla en un cultivar ya sea para exportación o para consumo local es un problema, mientras que a nivel de diploide usado en un programa de fitomejoramiento es una gran ventaja ya que permite producir nuevos y más variados materiales genéticos.

OBJETIVOS Y ESTRATEGIAS GENERALES DEL MEJORAMIENTO CONVENCIONAL

Se puede afirmar que los programas existentes de fitomejoramiento de banano y/o plátano o bananos de cocción, tienen en general un macro

objetivo: el desarrollo de cultivares resistentes a enfermedades y plagas, tales como Sigatoka (negra y amarilla), mal de Panamá, Moko o Marchitez bacterial, nemátodos, picudo, entre los más importantes. A esto se le agregan las características agronómicas deseables (tamaño y conformación de los dedos) y calidad de la fruta. Podemos también incluir la reducción del tamaño de la planta (especialmente en plátano), disminución del ciclo de cultivo y el aumento en la producción.

La presión o la rigidez en la selección de las progenies prometedoras, se aumenta o disminuye si el producto esperado es un banano de exportación o un banano para consumo local, plátano o bananos de cocción. El mejoramiento y selección para banano de exportación se complica por las exigencias impuestas por el mercado internacional, el cual demanda un tipo de agricultura altamente agresiva y competitiva en donde los estándares de calidad y la alta productividad marcan el éxito o fracaso de las empresas. En cambio, los mercados locales o los productores para autoconsumo demandan principalmente alta tolerancia a plagas y enfermedades, así como una amplia y fuerte adaptación a condiciones marginales, especialmente en suelo y clima.

El mejoramiento convencional de banano y plátano utiliza una estrategia que combina tres esquemas, por lo que podríamos llamarle “el es-

quema 3 en 1”: a) diploide x diploide, b) triploide x diploide y c) tetraploide x diploide (Figura 2).

El primer paso dentro de un programa de mejoramiento convencional de bananos sería evaluar la colección de germoplasma natural, buscando tipos sobresalientes que puedan servir como progenitores. Una buena caracterización y evaluación del germoplasma disponible es uno de los pilares más sólidos del fitomejoramiento de cualquier cultivo. De la variabilidad existente y de la facilidad de cruzamiento entre y dentro de las diferentes especies o subespecies y tipos disponibles, así como de la habilidad combinatoria general y específica (HCG y HCE) de ese material inicial, depende no solo el éxito del programa sino también el tiempo del proceso de mejoramiento genético para alcanzar el producto deseado. En el caso del banano, el mejoramiento genético convencional depende del mejoramiento de los progenitores diploides, por lo que su identificación y caracterización es esencial.

Ya desde 1943, Dodds había concluido que el progreso del mejoramiento de banano dependía del mejoramiento de diploides superiores para su cruzamiento con el progenitor triploide (en ese caso mencionaba al “Gros Michel”, como madre o progenitor femenino), para luego buscar productos de tipo comercial entre la progenie de tetraploides primarios provenientes de este tipo de cruzamiento ($3x \times 2x$). El padre diploide debería contar en su constitución genética con una combinación de resistencia a la enfermedad o enfermedades de interés, ser partenocárpico (no producir semillas) poseer buenas características agronómicas y producir polen viable.

¿Por qué la importancia del mejoramiento de los diploides? Los cultivares triploides sufren de una gran esterilidad femenina y su polen no es viable, por lo que su uso está limitado a servir únicamente como progenitor femenino, con el agravante de que muy pocos cultivares existentes pueden prestar este servicio. Debido a su alta infertilidad femenina, la producción de semillas es muy escasa, especialmente cuando se usan padres diploides mejorados y no silvestres. Entre los diploides silvestres (partenocárpicos y no partenocárpicos) más usados, por lo menos al inicio de los diferentes programas de mejoramiento convencional, podemos mencionar: Calcuta 4, Long Tavoy, Paka, Pisang Lilin o Lidi, Pisang jari buaya, Tongat, Sinwobogi, Tjau Lagada,

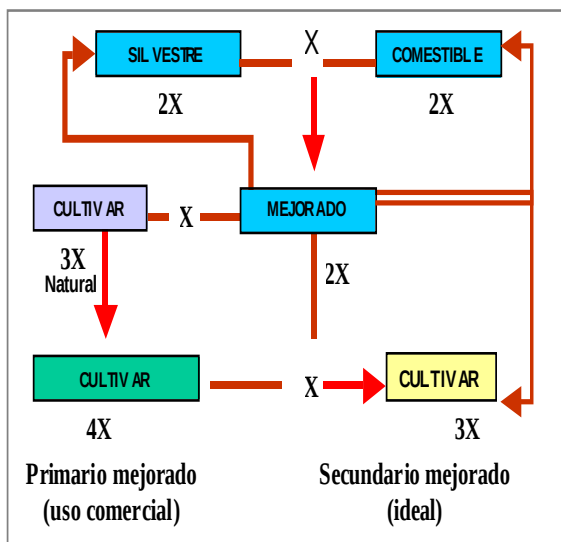


Figura 2. Esquema de mejoramiento convencional de banano y plátano.

Tuu Gia, Guyod, entre otros.

Para el mejoramiento convencional de bananos de exportación se cuenta únicamente con los clones triploides tipo “Gros Michel” y sus mutaciones semi enanas y enanas (“Cocos”, “Highgate” y “Lowgate”). A la fecha no se tiene conocimiento del uso de cultivares del subgrupo Cavendish, que son los predominantes en el comercio internacional, en ningún programa de mejoramiento. En el caso de los plátanos se cuentan con más tipos que pueden ser usados como progenitores femeninos, pero investigaciones recientes (Crouch *et al.*, 1998), indican que aunque morfológicamente diferentes estos cultivares ancestrales tienen una alta similitud genética. Podríamos decir que el mejoramiento de los bananos de cocción tipo ABB (Bluggoe, Saba, Cardaba y Pelipita) es más manejable. Todos estos cultivares (ABB) tienen buena fertilidad femenina y producen semilla en cantidades adecuadas al cruzarse con padres diploides. Estos cultivares tienen además la ventaja de que poseen alta resistencia a la Sigatoka negra, son resistentes a la sequía y tolerantes a suelos con fertilidad marginal (Rowe y Rosales, 1993). Una marcada deficiencia de estos bananos de cocción es su alta estatura, por lo que es imperativo la incorporación de genes de enanismo.

En síntesis se puede decir, que el mejoramiento convencional de todos los tipos de bananos depende del desarrollo de diploides agrónomicamente superiores, por lo que en un principio el mayor esfuerzo deberá concentrarse en la búsqueda y desarrollo del material diploide parental con resistencia genética a enfermedades o plagas de importancia económica, atributos agrónomicos deseables o sobresalientes, un buen tamaño y excelente conformación del racimo, partenocarpia, porte bajo o enanismo, entre otros. Estos diploides mejorados son a su vez cruzados con cultivares triploides (bananos de postre, plátanos o bananos de cocción) que puedan producir semillas para desarrollar híbridos tetraploide (Figura 2).

Como el banano ideal de todo programa es del tipo triploide, por su ausencia de semillas y por sus excelentes características agronómicas, el fitomejorador tiene que tratar de alcanzar esa meta y no quedarse a nivel de tetraploides, para lo cual utiliza el esquema $4x \times 2x$, cuyo primer producto es lo que se conoce como “triploides secundarios” Estos nuevos triploides, una vez seleccionados por

su fertilidad femenina pueden ser usados en subsecuentes ciclos de cruzamientos produciendo a su vez nuevos tetraploides (“secundarios”, producto del segundo ciclo de un cruzamiento $3x \times 2x$ y así sucesivamente), que a su vez se convierten en líneas parentales del esquema $4x \times 2x$. (Figura 2). El atractivo de esta serie de ciclos de cruzamientos y selección, es que nuevos diploides mejorados con resistencia a enfermedades pueden ser incluidos en el pedigrí de los buscados triploides (Rowe y Rosales, 1996) contribuyendo a la acumulación piramidal de nuevos genes.

Un valor agregado de este esquema “3 en 1” es que los mejores tetraploides, producto del esquema $3x \times 2x$, pueden ser seleccionados y evaluados por sus cualidades agronómicas y su resistencia a plagas y enfermedades de interés económico para su potencial uso en plantaciones comerciales. De hecho, actualmente los bananos y plátanos desarrollados y liberados por los diferentes programas de mejoramiento (algunos de ellos usados ya a nivel comercial o en siembras extensivas) son tetraploides. Estos tetraploides “primarios”, los podríamos considerar como “sub-productos” dentro del esquema general del mejoramiento, ya que el producto meta son los triploides. La cantidad de semillas o de polen por ellos producidos depende en gran parte de si el padre diploide usado es silvestre o mejorado.

Como se puede apreciar, en teoría es posible desarrollar híbridos triploides y tetraploides con valor comercial y resistentes a las principales enfermedades. En la práctica, a pesar de que los diferentes programas de mejoramiento han obtenido un sin número de nuevos cultivares, la producción de bananos híbridos triploides para uso en explotaciones comerciales para exportación no ha sido todavía posible. Igualmente, los triploides secundarios de plátano producidos hasta la fecha no han tenido las características agronómicas y/o de calidad que les permita sustituir a los principales cultivares naturales existentes. Sin embargo el mejoramiento para bananos de cocción ya dio sus primeros frutos. El FHIA-25 es un triploide secundario de excelentes cualidades agronómicas, porte bajo, racimo grande y bien conformado. Tal vez por ser este un prueba fehaciente de que la teoría sí funciona, es que el Dr. Phil Rowe lo consideraba como su mejor logro.

PRINCIPALES PROGRAMAS DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE BANANO Y PLÁTANO: ESQUEMA Y LOGROS

Generalmente el éxito de un programa de mejoramiento se mide principalmente por las variedades o híbridos liberados y usados por los productores. Podríamos decir que esto es injusto cuando hablamos de bananos, ya que conocemos las grandes barreras que hacen muy difícil su mejora genética, por ejemplo: un sistema genético extremadamente complicado con diferentes niveles de ploidía que aumentan la dificultad del proceso, especialmente cuando el producto final es un triploide; proceso de meiosis variable en algunas grupos, especialmente en el ABB, lo que ocasiona progenies con diferentes niveles de ploidía, así como individuos aneuploides; hibridación interespecífica, partenocarpia y esterilidad; semillas recalcitrantes; poco conocimiento de la heredabilidad de muchos de los componentes de la producción; un largo ciclo vegetativo, entre otros.

Sabemos que a pesar de 80 años de mejoramiento de banano aun no se a podido obtener el producto ideal que reemplace a un cultivar comercial o altamente popular, con marcada diferencia en producción y calidad. Sin embargo, creemos que aunque la definición de “éxito” arriba mencionada no se ha podido cubrir todavía completamente, es más que meritorio resaltar los grandes logros

y avances alcanzados por los programas de mejoramiento convencional más antiguos y conocidos tales como el de la FHIA, Jamaica, EMBRAPA, CIRAD-FLHOR, CRBP y el del IITA (Figura 3).

De todos ellos tenemos “productos secundarios”, por definición del esquema convencional, muchos de ellos ya liberados y varios usados comercialmente por productores, contribuyendo a mejorar su dieta alimentaria y ha aliviar en parte la pobreza de muchos de ellos. Esto nos llena de satisfacción como mejoradores y estoy seguro que los colegas que ya no están con nosotros y que marcaron el inicio del camino, se han de haber sentido igualmente satisfechos por la labor realizada.

Presentaremos brevemente cada programa de mejoramiento convencional. No mencionaremos los “no convencionales” que son muchos más, ya que en esta categoría se incluirían a todos los que utilizan mutaciones inducidas, variación somaclonal e ingeniería genética, entre otras. Las instituciones que usan ingeniería genética son muchas más que las que hacen mejoramiento convencional y siguen en aumento especialmente ahora que esta ciencia esta tan accesible y que sería en teoría la solución al corto plazo. Nosotros las reconocemos y las apoyamos como herramientas que so, esperando que den mayor empuje al mejoramiento convencional y hagan el camino al éxito más corto.

Cualquier error de apreciación o falta de infor-

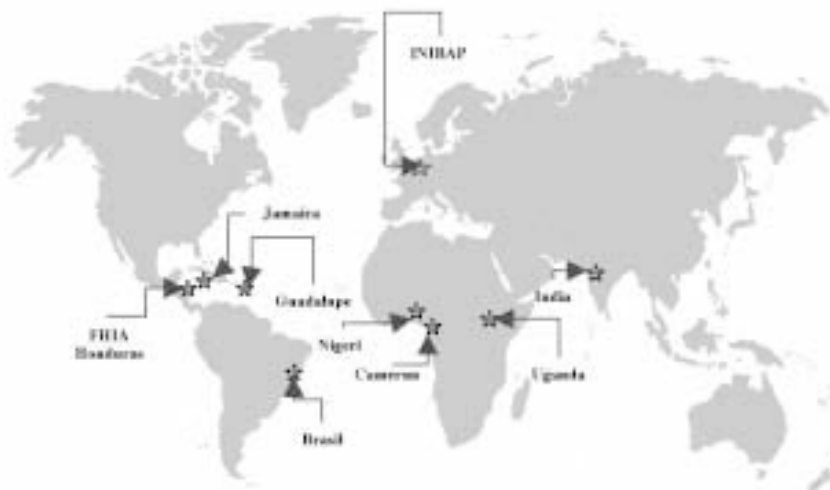


Figura 3. Principales programas de mejoramiento convencional de banano y plátano en el mundo.

mación al describir los programas es responsabilidad de los autores y si esto ocurre es por falta de tiempo y no por mala intención.

FHIA

El Programa de mejoramiento de banano y plátano de la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) en La Lima, Honduras, fue iniciado por la United Fruit Company en 1959. La variabilidad genética utilizada por el programa proviene de varias colecciones realizadas en el Pacífico (Oeste) y Sudeste de Asia especialmente durante 1959-1961. La meta inicial del programa fue desarrollar un banano tipo “Gros Michel” resistente al Mal de Panamá (o marchitez por *Fusarium*), siguiendo el método convencional descrito anteriormente y utilizando como hembras al “Gros Michel” *per se* y a sus mutantes más enanos (“Cocos”, “Highgate” y “Lowgate”). El diploide “Lidi” era en ese entonces el mejor padre disponible y fue usado intensamente en los primeros años del programa, produciendo tetraploides resistentes a la raza 1 del Mal de Panamá, pero no tan productivos como los clones “Cavendish” ya utilizados en la industria bananera. Con el éxito de los “Cavendish”, el objetivo inicial del programa se modificó y se inició la búsqueda de nuevos cultivares que pudieran reemplazar al “Cavendish”, en el evento de que este sucumbiera por alguna enfermedad no controlable. Este objetivo todavía se mantiene pero como parte de uno más amplio.

Siguiendo las reglas del mejoramiento convencional, antes descritas, la primera fase de este programa se concentró en la busca y desarrollo de diploides mejorados de porte bajo, con características agronómicas sobresalientes y resistentes a enfermedades, principalmente al Mal de Panamá. Esta fase se hizo con mucho éxito y el banco de diploides mejorados de la FHIA sigue siendo su mejor tesoro. El desarrollo de diploides mejorados ha sido documentado en varias publicaciones (Rowe y Richardson, 1975; Rowe y Rosales, 1994, 1996 a y b, 2000; entre otros). Entre estos diploide sobresalen el SH-2095 por su excelente racimo, resistencia al Mal de Panamá (como todos los diploide mejorados de la FHIA), pero muy pobre en producción de polen, por lo que generalmente se usa como progenitor femenino. El SH-3217 es derivado del SH-2095 con iguales características y productor abundante de polen. Otro

excelente progenitor a sido el SH-3142 quien a producido progenies con resistencia a las razas 1 y 4 del Mal de Panamá, así como al nemátodo barrenado. En esa misma línea de excelencia se encuentra el SH-3437 y el SH-3362; el primero conocido por su resistencia a la Sigatoka negra y el ultimo porque confiere resistencia al Mal de Panamá y al nemátodo barrenador. La Figura 4 muestra la larga ruta seguida en el mejoramiento del híbrido FHIA-03 (banano de cocción 4x) y lo complicado y tedioso que llega a ser el mejoramiento de banano. Aquí puede apreciarse también la combinación de diploides silvestres con diploides mejorados.

El programa de la FHIA ha explorado y puesto a prueba todo el esquema “3 en 1” ya que en sus objetivos tiene una gama de metas, todas con interés mundial, en parte por las donaciones de carácter internacional que ha recibido desde que este programa fuera donado por la United Fruit Company al Gobierno de Honduras en 1984 (año en que se fundó la FHIA.). Actualmente la FHIA busca como alternativas a los cultivares existentes: a) plátanos con resistencia a la Sigatoka negra; b) bananos de cocción enanos y de ciclo corto para uso en el Pacífico, Asia y parte de Africa; c) bananos de cocción con resistencia a Sigatoka negra que puedan ser usados en Africa del Este, como sustitutos de los “bananos de altura” típicos de esa región; d) bananos de exportación tipo “Cavendish” con resistencia a Sigatoka negra y nemátodos; e) bananos tipo “Silk” (“Manzano”, “Maçã”) con resistencia a *Fusarium* o Mal de Panamá.

La FHIA también sobresale entre los programas de mejoramiento convencional por su progreso alcanzado en la producción de híbridos tetraploides para uso comercial y semi comercial. Sus híbridos han sido distribuidos en más de 50 países alrededor del mundo. Estos híbridos empezaron su evaluación a nivel mundial en 1991, con el inicio del Programa internacional de Evaluación de Musáceas (IMTP por sus siglas en inglés) patrocinado por el INIBAP. Entre los híbridos más sobresalientes de la FHIA tenemos; como bananos de postre: FHIA-01 (también conocido como “Goldfinger”), FHIA-02 (“Monalisa”), FHIA-18 y FHIA-23; bananos de cocción: el FHIA-03 y el recientemente liberado FHIA-25; y del tipo plátano “Francés”: FHIA-20 y FHIA-21. Estos últimos híbridos pueden ser cultivados como plátanos tipo “Cuerno” si se

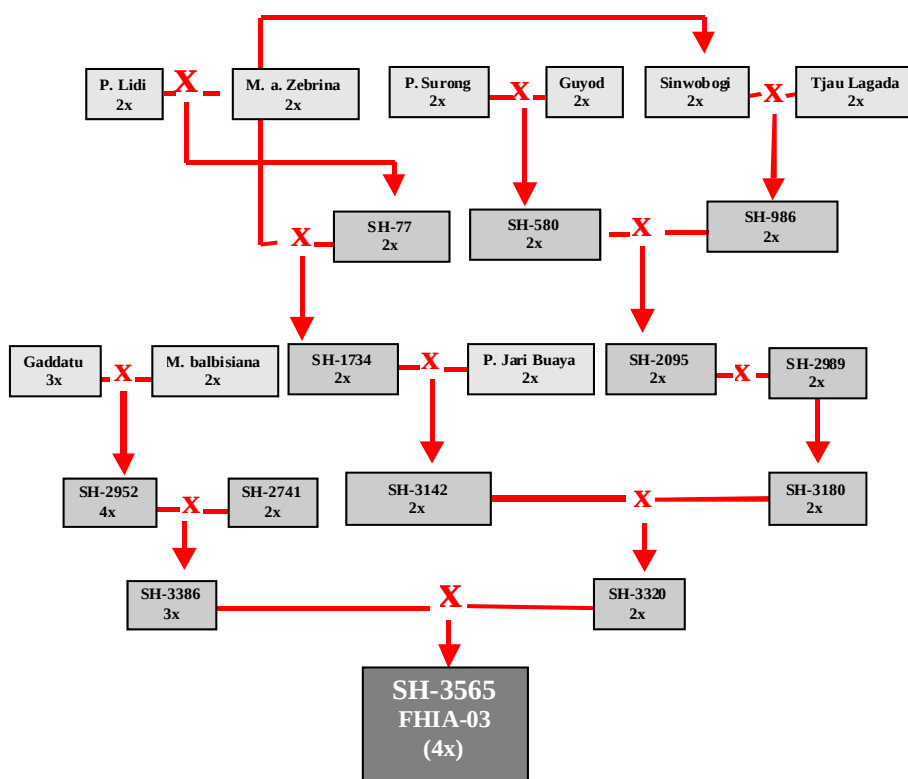


Figura 4. Pedigrí del híbrido SH-3565 (FHIA-03).

les eliminan algunas de sus manos distales. Todos los híbridos de la FHIA liberados a la fecha cuentan con excelentes características de racimo y planta y son resistentes o tolerantes a la Sigatoka negra y/o amarilla, así como al Mal de Panamá. En general tienen un adecuado rango de adaptación a condiciones de suelo y clima, y aunque algunos de ellos no son perfectos en sus características de calidad de fruto o duración de vida de anaquel, pueden ser cultivados y aprovechados a su máximo potencial si se usan las prácticas agronómicas adecuadas. El éxito más evidente de los híbridos de la FHIA a nivel de país es en Cuba, en donde actualmente se cultivan más de 10 000 hectáreas con estos cultivares principalmente con FHIA-18, FHIA-23 (o FHIA-01-V1 como se conoce en Cuba) y recientemente FHIA-21.

EMBRAPA

El programa de mejoramiento genético de EMBRAPA-CNPMF se inició en el año de 1982 y está localizado en la ciudad de Cruz das Almas, Bahía. Desde su inicio el énfasis se ha puesto en

el mejoramiento de los cultivares “Prata” y “Maçã”, ambos del tipo AAB, que son los más difundidos en Brasil. “Prata” es un cultivar de gran altura, tiene frutas pequeñas de sabor dulce a suavemente ácido, susceptible a la Sigatoka negra y amarilla y al Moko. “Maçã” es el banano más preferido por los brasileños. Su fruta es de cáscara muy fina, consistencia suave y sabor a manzana. Es altamente susceptible al Mal de Panamá, susceptible a la Sigatoka negra, así como al Moko (Silva et al, 2001).

El programa de EMBRAPA, al igual que el de la FHIA, basa su mejoramiento en el sistema convencional y su objetivo inicial fue la búsqueda de resistencia al Mal de Panamá. Su actual objetivo es más amplio: desarrollar genotipos resistentes al Mal de Panamá, a la Sigatoka (negra y amarilla), a la vez que buscan plantas de baja estatura. Actualmente usan únicamente diploide mejorados que son cruzados con cultivares comerciales triploides. Los híbridos tetraploides producidos son a su vez evaluados para tolerancia a nemátodos y Picudo.

Cuentan con su propia colección, que actualmente tiene cerca de 280 accesiones, producto de

intercambios y colectas internacionales. Su banco de germoplasma ha sido caracterizado ampliamente y cuenta con un fuerte programa de evaluación regional de características agronómicas y calidad de fruta para los mejores cultivares identificados en el banco o producidos a través del fitomejoramiento.

El programa de mejoramiento convencional se apoya también en estrategias no convencionales, a través de varias alianzas con institutos de investigación y universidades nacionales que les permite incursionar en campos como la selección *in vitro* de mutantes, uso de radiación para crear variabilidad y seleccionar mutantes resistente al Mal de Panamá; uso de agentes químicos mutagénicos e hibridación somática a través de fusión eléctrica y más recientemente el uso de biobalística para la producción de plantas transgénicas.

La más reciente publicación sobre el Programa de Mejoramiento genético de EMBRAPA (Silva et al., 2001) hace un excelente recuento de actividades y logros de esa institución desde su inicio en 1982, por lo cual nos limitaremos a mencionar únicamente algunos de los allí reportados.

La colección de bananos ha sido caracterizada morfológicamente y también molecularmente usando RAPDs y micro satélites; sus accesiones son mantenidas tanto en vivo como *in vitro*. Los materiales han sido evaluados permitiendo la identificación de diploides promisorios silvestres y cultivares (Calcutta, Madang, Lidi, Sinwobogi, Tjau Lagada, Tuu Gia, Heva; diploides mejorados de otros programas como el M-53, M-61, F2P2 y F3P4). Esto también permitió identificar cultivares y recomendarlos para uso directo por los productores tales como: Pacovan, Prata Ana, Caipira y Thap Maeo (todos AAB) y los híbridos FHIA-18, FHIA-21 y el SH-3640.

El mejoramiento de diploides está avanzado. Actualmente todos los diploides usados por el programa son mejorados y se cuenta con un "pool" de 31 diploides. Esto a su vez ha permitido la obtención de tetraploides usando como hembras principalmente a los cultivares triploides del tipo "Prata" y "Maçã". A pesar de los problemas de baja producción de semilla del clon Maçã, se han producido ya varias decenas de este tipo de híbridos con resistencia al Mal de Panamá y excelente sabor y ya se están evaluando los mejores de ellos en varios estados del país.

Con la confirmación de la presencia de la Sigatoka en Brasil en 1998, el programa de evaluación regional tomó mayor envergadura y las evaluaciones tanto de cultivares introducidos como los desarrollados directamente por EMBRAPA, se han multiplicado en número de cultivares así como de sitios de evaluación. Esto ha permitido la recomendación de los híbridos: "Pioneira" (PV12-03), híbrido de "Prata Anã" X "Lidi" con frutos de sabor muy agradable, resistencia a Sigatoka amarilla, moderada resistencia al Mal de Panamá y baja incidencia de Picudo y nemátodos; el híbrido "Pacovan Ken" (PV42-68) tipo Prata, producto del cruzamiento de "Pacovan" X M-53, que presenta resistencia a la Sigatoka amarilla y negra, así como al Mal de Panamá y es también moderadamente susceptible al Picudo y nemátodo (Comunicación personal del Dr. Sebastiao de Oliveira e Silva). El Pacovan Ken fue nombrado así en tributo al Dr. Ken Shepherd quien laboró por 12 años en este programa, antes de su retiro en 1994.. También están pronto a ser liberados los híbridos PV42-85 (Pacovan X M-53) y el YB42-21 (Yangambi No.2 X M-53), tipo "Prata" y "Maçã", respectivamente. Ambos son resistentes a la Sigatoka negra y amarilla. El PV42-85 es también resistente al Mal de Panamá, mientras que el YB42-21 es tolerante.

JAMAICA

El programa de mejoramiento genético de Jamaica se inició en 1924, trabajando en forma paralela y complementaria con el Colegio Imperial de Agricultura Tropical (ICTA). Su objetivo original era desarrollar un banano de exportación para el comercio del Reino Unido, que tuviera buenas características agronómicas, resistencia a las razas 1 y 2 del Mal de Panamá, resistencia a la Sigatoka amarilla y una adecuada vida de anaquel (INIBAP, 1993). Posteriormente en 1947 se funda en Jamaica el "Banana Breeding Research Scheme" financiado por el Gobierno Británico y la Industria Bananera de Jamaica (Gonsalves, 1987). En 1960, todos los trabajos de mejoramiento del Caribe estaban concentrados en Jamaica, bajo la dirección de la Junta del Banano ("Banana Board").

Con la desaparición del "Gros Michel" del comercio internacional y la entrada de los clones resistentes al Mal de Panamá ("Lacatan" y "Robusta"), el "Gros Michel" dejó de ser el estándar para el mejoramiento genético, aunque la resistencia a

Fusarium seguía siendo un parámetro indiscutible de selección. Luego a este objetivo se le sumaron la resistencia a la Sigatoka (primero la negra y luego la amarilla) y finalmente la calidad y el rendimiento de los Cavendish era una meta mandatoria. La colección de germoplasma de Jamaica fue considerada como una de las más importante del mundo por mucho tiempo.

El aporte del programa de Jamaica ha sido invaluable, no por los cultivares producidos, sino por los conocimientos básicos de la genética, citogenética y del esquema de mejoramiento convencional, tal y como lo conocemos actualmente. Por esto merecen especial mención los Drs. Norman W. Simmonds, Kenneth Shepherd y Ren Gonsalves, quienes contribuyeron grandemente a sentar las bases del mejoramiento genético del banano. El esquema básico del mejoramiento convencional de banano fue desarrollado en Jamaica en 1958 (Simmonds, 1966).

La mejor época del programa en lo que se refiere al mejoramiento *per se* podemos situarla entre 1960 y 1980, por todos los esfuerzos y productos desarrollados a nivel de diploides y tetraploides. Al igual que en los otros programas, los mejores resultados fueron cultivares tetraploides, aunque si se produjeron buenos triploides pero no sobrepasaron el estándar esperado. Entre los tetraploides de Jamaica se conocen el S.19, Bodles Altafort, Calypso, Bucanier, Ambrosia, B7925 y RG-1 (éste último nombrado en honor a su creador; Ren Gonsalves). El programa de Jamaica es conocido también por la producción de excelentes diploides que han sido utilizados en varios otros programas, entre ellos tenemos: el M48, M53, M61 y el SH-13.

CIRAD-FLHOR

El programa de mejoramiento de banano del CIRAD (Centre de Coopération internationale en Recherche Agronomique pour le Développement-Francia) fue creado en 1983 y opera como una red que tiene su centro de operaciones en la isla de Guadalupe, Caribe Francés. El programa tiene conexiones con diferentes centros de investigación propios o asociados que lo apoyan con estudios especializados o estratégicos tales como: caracterización molecular de germoplasma, cultivo de tejidos, variación somaclonal, mutagénesis, estudios genéticos (marcadores moleculares, mapas),

embriogénesis somática, transformación genética no convencional, entre otros.

Su objetivo general es desarrollar híbridos triploides de banano de diferentes tipos con resistencia a enfermedades y con alto rendimiento. El programa del CIRAD se diferencia de todos los otros programas por el uso de una estrategia desarrollada en Guadalupe por los Drs. Bakry y Horry. Su estrategia busca el desarrollo especialmente de triploides, tratando de sobreponerse a algunos de los inconvenientes que tiene el esquema de mejoramiento convencional como son: la baja fertilidad de los progenitores comerciales triploides, el limitado número de esos progenitores, deficiencias estructurales de algunos tetraploides, la existencia de semillas en algunos frutos, la baja tasa de éxito alcanzado al hacer retrocruzas con los tetraploides primarios, entre otros.

Como se aprecia en la Figura 5, (Bakry *et al.*, 1993) el proceso se inicia mejorando las poblaciones diploides (como en el método convencional), buscando las resistencias necesarias, característi-

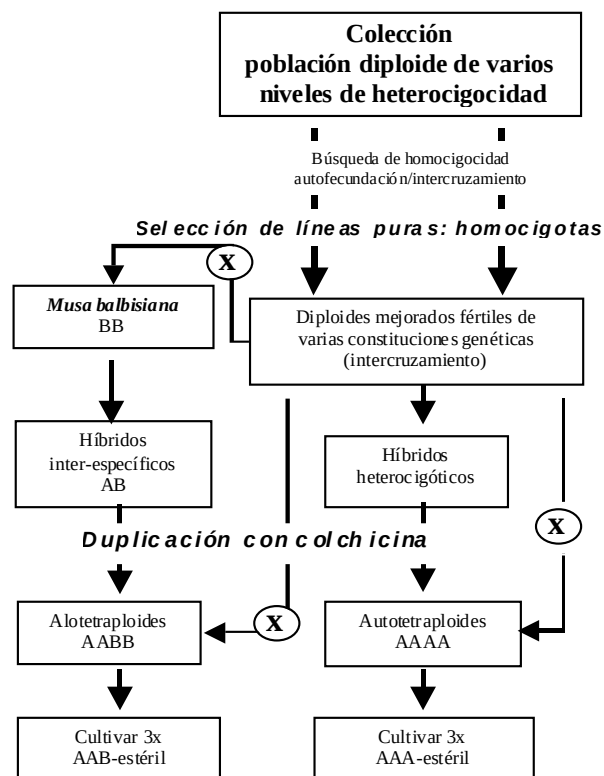


Figura 5. Estrategia del mejoramiento de banano del CIRAD-FLHOR (modificado desde Bakry *et al.* 1993).

cas agronómicas deseables y calidad de fruta, a través de selección recurrente. Los diploides silvestres son caracterizados y se identifican entre ellos (o se desarrollan) líneas puras y fértiles. Estas líneas pueden o no ser destinadas a cruzamientos inter e intra específicos. Las mejores líneas se seleccionan de acuerdo con el tipo de banano que se quiere desarrollar (plátanos, bananos de cocción o de postre), características de resistencia a plagas y enfermedades y características agronómicas y de calidad de fruto. Las líneas seleccionadas son tratadas con colchicina para producir auto y/o allotetraploides. Estos tetraploides son luego cruzados con diploides selectos para producir los individuos triploides, meta del programa. Este esquema es utilizado únicamente por el CIRAD-FLHOR.

Entre las ventajas más notorias que se aprecian y/o se mencionan en este esquema estarían: un mayor uso de formas genéticas que pueden ser creadas a nivel de tetraploides, ya que la creación de los mismos no depende únicamente de los triploides con fertilidad parcial que puedan usarse con progenitores como en el esquema $3x \times 2x$; que las combinaciones genéticas seleccionadas a nivel de diploide son mantenidas y duplicadas en los tetraploides y podrían ser transferidas total o parcialmente a las progenies triploides.

Entre los híbridos más sobresalientes del CIRAD se conocen el IRFA 909 y el IRFA 910, que son triploides tipo Silk con buenos racimos y tolerantes a la Sigatoka negra. El IRFA 904 es un tipo plátano pero éste fue desarrollado usando el esquema convencional; tiene un excelente racimo (14-17 kg.), 8-9 manos y alta resistencia a la Sigatoka negra (Tezenas du Montcel et al, 1996).

CRBP

El CRBP (Centre de Recherches Régionales sur Bananiers et Plantains) localizado en Camerún, inició su programa de mejoramiento en 1992 con el objetivo de obtener plátanos tetraploides mejorados usando el esquema convencional, buscando principalmente resistencia a la Sigatoka negra. La diversidad de sus líneas parentales la obtienen de su banco de germoplasma en Njombé, que es una de las colecciones de plátanos más grande que existe (130 cultivares). El programa ha tenido siempre una colaboración muy estrecha con el CIRAD-FLHOR, especialmente en estudios básicos de genética y desarrollo de líneas homocigotas diploi-

des para ser utilizadas como padres en el cruzamiento $4x \times 2x$.

El mejoramiento de plátanos del CRBP depende actualmente de los diploides mejorados M-53 (de Jamaica); dos clones provenientes de M-53 a través de autofecundaciones; Calcuta 4, Banksii y "Paliama" (*M.a. spp banksii*). Aparentemente las progenies tetraploides producidas usando Calcuta 4 (altamente resistente) muestran solamente resistencia parcial; mientras que muchas de las derivadas del M-53 exhiben una alta resistencia y no tienen las hojas caídas como los híbridos derivados de Calcuta 4. Como progenitores femeninos tienen 10 cultivares de plátano tipo "Francés" seleccionados por su alta fertilidad, tamaño de racimo, buenas características de cocción y buen sabor. (Tomekpe et al, 1998).

La producción de híbridos tetraploides ha sido abundante y muestran características muy similares a los plátanos triploides y sus frutos son partenocarpicos. Tienen además algunas características agronómicas mejores que sus progenitores femeninos como son: una estatura más baja, mayor producción de hijos, producción más alta y dedos de mejor calibre (Tomekpe et al, 1998). Dentro de estos híbridos elite, sobresalen el CRBP 39 y el CRBP 85, que son muy parecidos al típico plátano Francés pero con frutos de mejor calibre y longitud.

El énfasis actual está siendo puesto en el desarrollo de plátanos de baja estatura con baja producción de semillas y buenas cualidades de cocción y sabor de fruta. Como una prioridad de futuro, el programa está visualizando extender su esquema y llegar a la producción de triploides estériles con resistencia múltiple a enfermedades, mejores características agronómicas y adaptados a las principales prácticas culturales y preferencias del consumidor final. En otras palabras, su objetivo sería muy parecido al de todos los otros programas de mejoramiento convencional, aunque aparentemente utilizarían también tetraploides producidos por o con la estrategia del CIRAD.

Actualmente el programa pertenece al recién formado CARBAP (Centre Africain de Recherches sur Bananier et Plantain), siempre en Camerún.

IITA

El programa de mejoramiento en el IITA (Instituto Internacional de Agricultura Tropical) se ini-

ció en 1987 en Onne, Nigeria, con el objetivo principal de incorporar resistencia durable a la Sigatoka negra en plátanos. Como en todo Centro Internacional, el desarrollo de cultivares está apoyado por varias disciplinas y diferentes tipos de estudios que complementan las labores tradicionales del mejoramiento. El IITA ha contribuido grandemente con estudios de herencia, caracterización de cultivares de plátano, estudios de epidemiología del patógeno, cultivo de tejidos, estudios sobre virus (especialmente sobre el BSV), etc. Su esquema de mejoramiento es esencialmente el convencional, basado en selección recurrente en cada uno de los 3 sub-esquemas ($2x \times 2x$; $3x \times 2x$ y $4x \times 2x$). (Figura 6). (Tenkouano, 2001).

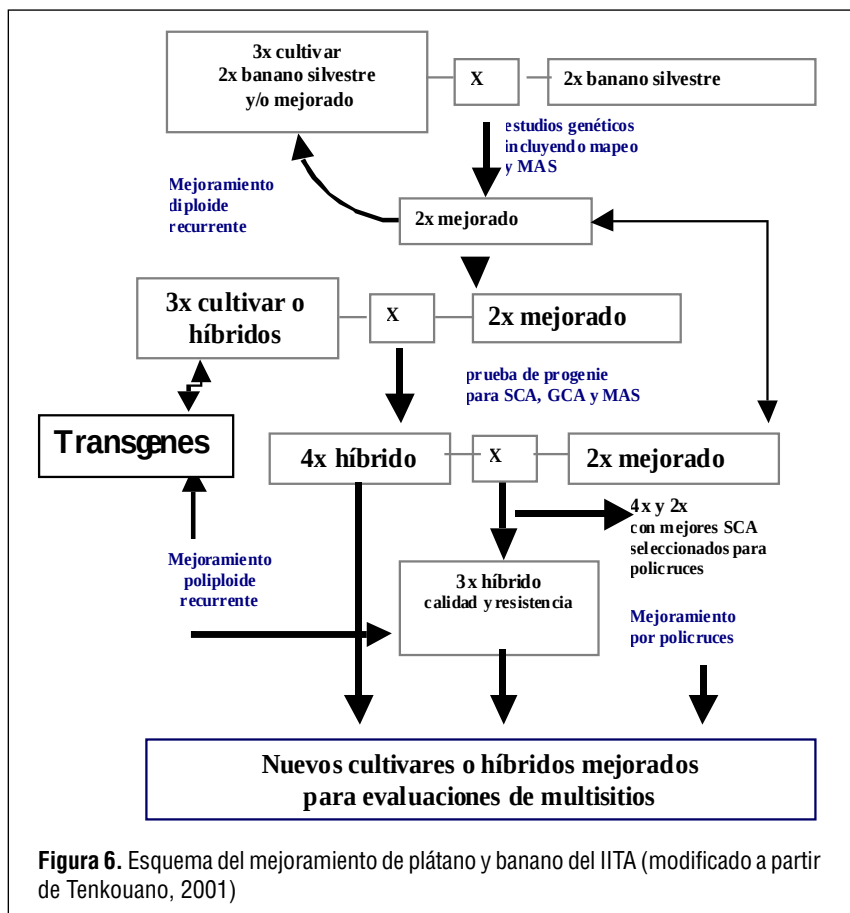
El mejoramiento de los diploides es convencional usando los dos tipos de diploides: seminíferos y partenocarpicos. También los cruzamientos tipo $3x \times 2x$ les han provisto de nuevos diploides, ya que en las progenies de esta combinación genó-

mica se producen frecuentemente diploides que pueden ser incorporados en el esquema de selección recurrente.

Los tetraploides producto del esquema triploide $\times$ diploide, se evalúan *in situ* para determinar su habilidad combinatoria, resistencia a enfermedades y características agronómicas. Los mejores son puestos a disposición del público en diferentes países del mundo, pero especialmente en África. Sus plátanos híbridos tetraploides son conocidos por las siglas TMPx y también por las de PITA. Ortiz y Vuylsteke (1954) enumeran varios de ellos, entre los que sobresalen el TMPx 548-9 o PITA-2, el TMPx 4698-1 y el PITA-16. Debido al problema de presencia de semillas en los tetraploides (especialmente por usarse padres silvestres como el Calcuta 4) se ha decidido (al igual que en los otros programas) buscar los cultivares estériles a nivel de triploides secundarios a través de la combinación tetraploide-diploide.

IITA también ha incorporado en su estrategia una forma simple de aumentar su variabilidad genética en forma natural. Ellos le llaman "policruzas". Este término lo usan para designar un sistema de polinización natural al azar, propiciado al inter-plantar, en forma sistemática en el campo, progenitores femeninos y masculinos. De esta manera proveen un mecanismo de introgresión de genes deseables en las poblaciones. Las progenies resultantes son predominantemente triploides cuando se usan progenitores femeninos tetraploides con padres diploides (Tenkouano, 2001).

IITA ha extendido su mandato y busca también el mejoramiento de los "bananos de altura"



y los “beer bananas” (grupos AAA y ABB, respectivamente) del África oriental, así como el mejoramiento de bananos de cocción tipo ABB (Vuylsteke y Swennen, 1993). Para apoyar estas actividades el IITA abrió una nueva estación de mejoramiento en Namulonge, Uganda, en donde se concentra el mejoramiento de los cultivares recién mencionados.

RECONOCIMIENTOS

Agradecimiento especial a los Drs. Sebastiao Silva de Oliveira, Christophe Jenny y Abdou Tenkouano, fitomejoradores de EMBRAPA, CIRAD-FLHOR e IITA, respectivamente, por proveer material escrito reciente (algunos sin publicar) del estado de avance de sus respectivos programas. A la FHIA por haberme permitido laborar como mejorador y conocer su programa por un poco más de 10 años.

BIBLIOGRAFÍA

- Bakry, F., Haicour, R., Horry, J. P., Megia, R. and Rissignol, L. 1993. Applications of biotechnologies to banana breeding. In: INIBAP 1993. Proceedings of the Workshop on Biotechnology Applications for Banana and Plantain Improvement, held in San Jose, Costa Rica, 27-31 January, 1992. P52-60.
- Crouch, J. H., Vuylsteke, D. and Ortiz, R. 1998. Perspectives on the application of biotechnology to assist the genetic enhancement of plantain and banana (*Musa* spp.). Electronic Journal of Biotechnology 1 (1).
- Dodds, K.S. 1943. The genetic system of banana varieties in relation to banana breeding. Exp. J. Exp. Agr. 11:89-98.
- Gonsalves, R. 1987. Proposal for regional banana breeding research project. In: R. Jaramillo y N. Mateo (eds). Memoria de la Reunion Regional de INIBAP para America Latina y el Caribe. San Jose, Costa Rica. Pp232-235.
- INIBAP 1994. Annual Report *Musa* Breeding and the *Musa* Breeders' Network.
- Jones, D. R. 2000. History of banana breeding. In: Jones: D.R. (eds.). Diseases of Banana, Abacá and Ensete. CABI Publishing, New York, NY. pp. 425-434.
- Ortiz, R. and Vuylsteke, D. 1994. Plantain Breeding at IITA. In: Jones David R, ed. 1994. The Improvement and Testing of *Musa*: a Global Partnership. Proceedings of the First Global Conference of the International Musa Testing Program held at FHIA, Honduras, 27-30 April 1994. P 131-156.
- Rowe, P. R. and Richardson, D. L. 1975. Breeding Bananas for disease resistance, fruit quality and yield. Bulletin No. 2-December, 1975. SIATSA, La Lima, Honduras.
- Rowe, P. R. and Rosales, F. E. 1994. *Musa* Breeding at FHIA. In: Jones David R, (eds.). The Improvement and Testing of *Musa*: a Global Partnership. Proceedings of the First Global Conference of the International Musa Testing Program held at FHIA, Honduras, 27-30 April 1994. pp 117-129
- Rowe, P. R. and Rosales, F. E. 1996. Current Approaches and Future Opportunities for Improving Major *Musa* (ABB) Types Present in the Asian/Pacific Region: Saba, Pisang Awak, Bluggoe. In: Frison Emile A., Horry, Jean-Pierre and Dirk De Waele, (eds.) 1996. Proceedings of the workshop on New Frontiers in Resistance Breeding for Nematodes, Fusarium and Sigatoka, 2-5 October 1995. Kuala Lumpur, Malaysia. INIBAP, Montpellier, France. pp 129-140.
- Rowe, P. R. and Rosales, F. E. 1996. Bananas and plantains. In: Janick, J. And J.N. Moore (eds.). Fruit Breeding, Vol. I: Tree and Tropical Fruits. John Wiley and Sons, New York, NY. pp. 167-211.
- Rowe, P. R. and Rosales, F. E. 2000. Conventional banana breeding in Honduras. In: D.R. Jones (eds.). Diseases of Banana, Abacá and Ensete. CABI Publishing, New York, NY. pp 435-448.
- Sharrock, S. L., Horry, J. P. and Frison, E. A. 2001. The state of the use of *Musa* diversity. In: H.D. Cooper, C. Spillane and T. Hodgkin(eds.). Broadening the Genetic Base of Crop Production. IPGRI/FAO 2001. pp 223-243.
- Silva, S. de O. E. Souza, J. M. T. Alves, E. J. Silva, S. J. R. and Bezerra, L. M. 2001. Banana Breeding at EMBRAPA. Crop Breeding and Applied Biotechnology, v. 1, n. 4, pp. 399-436.
- Simmonds, N.W. 1966. Bananas, 2nd edn. Longman. London.
- Singh, H. P. and Uma, S.. 2000. Genetic improvement of banana in India – A retrospective. H.P. Singh and K.L. Chadha. (eds.) Banana – Improvement, Production and Utilization. Proceedings of the Conference on “Challenges for Banana Production and Utilization in 21st Century, AIPUB, NCRB, Trichy, India, 2000. pp 247-263.
- Stover, R. H. and Buddenhagen, I. W. 1986. Banana Breeding: polyploidy, disease resistance and productivity. Fruits, 41. 175-191.
- Stover, R. H. and Simmonds, N. W. 1987. Bananas. Tropical Agricultural Series. Longman Scientific & Technical, U.K Ltd. Third Edition. 468 p.
- Tenkouano, A. 2000. Current issues and future directions for *Musa* genetic improvement research at the International Institute of Tropical Agriculture. In: Advancing and Plantain R&D in Asia and the Pacific- Vol 10. Proceedings of the 10th INIBAP-ASPNET Regional Advisory Committee meeting held in Bangkok, Thailand, 10-11 November, 2000. Los Baños, Laguna, Philippines. pp 11-23.
- Tezenas du Montcel, H., Carreel, F. and Bakry, F. 1996 Improve the diploids: the key for banana breeding. In: Frison Emile A., Horry, Jean-Pierre and Dirk De Waele, (eds.) Proceedings of the workshop on New Frontiers in Resistance Breeding for Nematodes, Fusarium and Sigatoka, 2-5 October 1995. Kuala Lumpur, Malaysia. INIBAP, Montpellier, France. pp 119-128
- Tomekpé, K. Noupadja, P. Abadie, C. Auboiron, E. and Tchango Tchango, J. 1998. Genetic Improvement of Plantains at CRBP: Performance of black Sigatoka resistant plantain hybrids. In: International Seminar on Plantain Production. Armenia, Quindio, Colombia, 4-8 de Mayo de 1998. pp 45-50.
- Vuylsteke, D. and R. Swennen 1993. Genetic improvement of plantains: the potential of conventional approaches and the interface with in-vitro culture and biotechnology. In: Proceedings of the workshop on Biotechnology Applications for Banana and Plantain Improvement. San José, Costa Rica, 2731 January 1992. INIBAP 1993..

Propagación clonal de bananos en Biorreactores de Inmersión Temporal

Clonal propagation of bananas by biorreactors of temporary immersion

D. Castro*, J. Díaz y N. Montoya*

RESUMEN

Desde hace tres décadas, se emplean las técnicas *in vitro* para el saneamiento y propagación clonal de musáceas. Sin embargo, la expansión de las técnicas de micropropagación depende de la adaptación de nuevas metodologías, que permitan automatizar parte de los procesos y se mejore la calidad de las plantas. En la unidad de Biotecnología Vegetal de la Universidad Católica de Oriente se ha desarrollado una metodología para la propagación *in vitro* en biorreactores de inmersión temporal (BIT) para la multiplicación de los clones "Williams" y "Giant Cavendish". Esta técnica se efectúa en dos etapas: a) Proliferación durante un período de ocho semanas; b) Elongación y enraizamiento durante cuatro semanas. Con la aplicación de esta nueva tecnología se logran coeficientes de multiplicación de 9,4, lo cual permite obtener más de 400 brotes competentes en recipientes de 5L de capacidad. Con el objeto de optimizar la tecnología se evaluó el efecto del número de explantes, volumen de medio de cultivo sobre algunas variables como coeficiente de multiplicación, número total de brotes, calidad de los brotes respecto a tamaño y porcentaje de prendimiento en la fase de aclimatización.

ABSTRACT

For three decades, the *in vitro* techniques for the cleaning and clonal propagation of musaceas have been being used. Nevertheless, the expansion of the micropropagation techniques depends on the adaptation of new methodologies, that allow automating part of the processes and improves the quality of the plants. In the Unidad de Biotecnología de la Universidad Católica de Oriente a methodology for the *in vitro* propagation of clones like Williams and Giant Cavendish in biorreactors of temporary immersion (BTIs) has been developed. This technique takes place in two stages: a) Proliferation during a period of eight weeks; b) Elongation and rooting during four weeks. With the application of this new technology coefficients of multiplication of 9,4 are obtained, which allows obtaining more than 400 competent shoots in containers of 5L of capacity. With the intention of optimizing the technology the effect of the number of explants and the volume of culture media were evaluated on some variables like multiplication coefficient, total number of shoots, quality of the shoots and survival percentage in the phase of acclimatization.

I INTRODUCCIÓN

Las técnicas comerciales de micropropagación de bananos y plátanos hacen parte de la modernización de la agricultura en muchos países y han contribuido a mejorar las condiciones sanitarias de las plantaciones e incrementar su productividad. Los primeros trabajos sobre la regeneración de plantas de banano mediante las técnicas de organogénesis se informaron en 1972 (Ma y Shii, 1972); a partir de estos se han cultivado gran número de variedades y clones *in vitro* del género *Musa sp* (George, 1996).

La aplicación a escala comercial de estas técnicas se ha visto limitada por factores tales como las bajas tasas de multiplicación, calidad de los explantes y altos costos ocasionados por el uso intensivo de mano de obra en las etapas de multiplicación y enraizamiento (Hahn y Lee, 1996). La automatización de una o más etapas en los procesos de micropropagación es una opción para la reducción de costos de manipulación, reducción del espacio e incrementar volúmenes de producción. La utilización de medios de cultivo líquidos es una condición para lograr desarrollar esta alternativa (Aitken-Christie *et al.*, 1995; Kurata, 1995).

* Universidad Católica de Oriente, Unidad de Biotecnología. Apartado aéreo 008, Rionegro (Antioquia). Colombia. **Tel: (94) 5316666; Fax: (94) 5313972. E-mail: dcastro@uco.edu.co**

Teisson *et al.* (1996) desarrollaron un equipo sencillo de inmersión temporal, cuyo nombre comercial es RITA“ (réipient à immersion temporaire automatisé), el cual ha sido empleado para el cultivo de microesquejes y embriogénesis somática en varias especies de interés hortícola, con altas tasas de multiplicación, lo cual ha permitido disminuir los costos de producción y reducir riesgos de contaminaciones.

El objetivo de la presente investigación fue evaluar algunos factores críticos del proceso de propagación, en biorreactores de inmersión temporal, tales como son el tipo de explantes, número de explantes y volumen de medio de cultivo que tiendan a optimizar la producción y calidad de los brotes los bananos “williams” y “Giant cavendish”.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sistema de inmersión temporal

Se utilizaron explantes procedentes de micro-propagación convencional de los clones “Williams” y “Giant Cavendish”. El sistema de inmersión temporal empleado fue el propuesto por Alvard *et al.* (1993), con algunas modificaciones. Como recipientes se utilizaron frascos de cinco litros de capacidad, los cuales se interconectaron por parejas mediante mangueras de silicona. En un frasco se colocó el medio de cultivo líquido y en el otro los brotes. Cada frasco se conectó a un sistema de entrada de aire proveniente de un compresor, el cual se accionó por un programador automático para el control de la frecuencia, la duración de las inmersiones, la luminosidad y el flujo de gases. El aire entrante o saliente se esterilizó a través de filtros hidrófobos de 0.2 mm, de tal manera que cada recipiente se manipuló independientemente sin riesgos de contaminación.

Determinación del tipo de explantes para proliferación en BITs

Con el propósito de determinar el tipo de explante más adecuado para la proliferación de bananos “Williams” y “Giant Cavendish” se evaluaron tres tipos de explantes: brotes individuales a los cuales se les realizó un corte longitudinal para estimular la brotación; grupo de cinco brotes (clusters) con tres yemas cada uno, a los cuales se

les efectuó un corte longitudinal y un grupo de brotes con tres yemas sin corte longitudinal. Las variables a evaluar correspondieron a: coeficiente de multiplicación, número total de brotes y tamaño. Se empleó un diseño completamente al azar con tres repeticiones, cada una con 15 unidades experimentales.

Influencia del número de explantes y volumen de medio sobre la tasa de multiplicación y calidad de los brotes

Se empleó un experimento bifactorial en diseño completamente al azar con tres repeticiones, donde se evaluaron los factores correspondientes a número de brotes: 5, 10 y 15 grupos de explantes cada uno compuesto por 3 brotes axilares; y el volumen del medio de cultivo: 250, 500 y 750 mL. La frecuencia de inmersión fue cada 6 horas con una duración de tres minutos cada una. El medio de cultivo utilizado para la fase de proliferación consistió en las sales minerales de MS (Murashige y Skoog, 1962). Los constituyentes orgánicos incluyeron las vitaminas MS, sacarosa (30 gL^{-1}) y benciladenina (BA, 5.0 mgL^{-1}). Para la fase de elongación y enraizamiento se empleó el mismo medio de cultivo, excepto que la BA se sustituyó por el ácido indol butírico (AIB). En todos los casos el medio de cultivo se esterilizó por autoclave (25 min., 121°C), el pH se ajustó previamente a 5.8 ± 1 con NaOH. Los cultivos se incubaron a $24 \pm 1^\circ\text{C}$ con un fotoperiodo de 12 horas luz: 12 horas oscuridad. Como fuente de luz se empleó bombillos de luz fluorescente ($75 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$). Se evaluaron las variables correspondientes a: coeficiente de multiplicación y tamaño de las plantas

Para la aclimatización se utilizó un sistema de cámaras húmedas donde se mantuvieron las plántulas durante cuatro semanas. Las condiciones ambientales fueron 28°C , 90% de humedad relativa y un FFF de $90 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$; transcurrido este tiempo se destaparon paulatinamente y se dejaron completamente descubiertas bajo las mismas condiciones de aclimatización descritas anteriormente. A los treinta días después de sembradas las plántulas se les evaluó el porcentaje de supervivencia.

Las variables analizadas se sometieron a la prueba de normalidad y chequeo de la varianza mediante las pruebas de Cochran y Bartlett (Montgomery, 1991). La información obtenida se

proceso por análisis de varianza de un diseño completamente al azar con arreglo multifactorial y prueba de rangos múltiples de Duncan para la comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Efecto del tipo de explantes sobre la proliferación y calidad de los brotes

De acuerdo con los resultados que se presentan en la tabla 1 el tipo de explante tuvo influencia sobre las variables que se evaluaron. Cuando se empleó como tipo de explantes grupos de brotes (clusters) se presentaron los mayores coeficientes de multiplicación y mejor calidad de los brotes. Esta respuesta se debe a un menor daño de los tejidos meristemáticos y una mejor interconexión vascular entre los brotes. Cuando se realizó la comparación de realizar corte longitudinal no se observaron diferencias. En los sistemas convencionales es recomendable realizar cortes longitudinales con el propósito de romper la dominancia apical de los brotes y estimular la formación de brotación axilar múltiple (Wong, 1986); sin embargo, en los BIT se encontró que este procedimiento no es necesario, pues no hubo diferencias significativas en el número de brotes, ni en la calidad referida al tamaño de estos. Por lo tanto para los siguientes experimentos se emplearan grupos de tres brotes

sin realizar corte longitudinal.

Los datos representan la media $\pm$ error estándar de tres repeticiones, cada una con 15 brotes. Los tratamientos con letras diferentes presentan significación para $p < 0.05$ por el test de Duncan

2. Efecto del volumen de medio de cultivo y número de explantes sobre la proliferación y calidad de los brotes.

De acuerdo con los resultados de la figura 1 se encontró interacción entre los factores y las variables evaluadas. En todos los casos con el empleo de 500 mL de medio de cultivo se logró el mayor coeficiente de multiplicación. Cuando se empleó un volumen de 250 mL con 10 y 15 explantes se presentó una disminución del coeficiente de multiplicación, debido a un efecto de competencia de los explantes por nutrientes. Kozai *et al.* (1995) informan resultados similares en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), quienes señalaron que el volumen inicial del medio de cultivo y la concentración de sales en el medio afectaron los contenidos iniciales de iones, el desarrollo de los brotes, la fotosíntesis y la absorción de iones. Cuando el volumen de medio se incrementó a 750 mL hubo una leve tendencia a presentarse hiperhidricidad en los brotes, posiblemente ocasionado por una mayor absorción de iones de amonio (Ziv y Ariel, 1994).

Tabla 1. Evaluación del tipo de explante sobre el coeficiente de multiplicación, total de brotes y calidad en la proliferación de bananos "Williams" y "Giant Cavendish"

Tipo de explante	Coeficiente de multiplicación	Total brotes	Tamaño de los brotes		
			> 6 cm	3-5 cm	3-2 cm
Brotes individuales con corte longitudinal	7.2 b $\pm$ 0.37	58.3c $\pm$ 2.02	14.6c $\pm$ 0.72	15.0b $\pm$ 0.57	28.5b $\pm$ 0.57
Grupo de brotes con corte	8.6 ab $\pm$ 0.11	132b $\pm$ 1.73	32.0b $\pm$ 0.57	60a $\pm$ 0.57	40.0a $\pm$ 0.57
Grupo de brotes sin corte	9.4 a $\pm$ 0.11	139a $\pm$ 0.66	42.5a $\pm$ 0.57	57.5a $\pm$ 0.57	39.5a $\pm$ 0.57

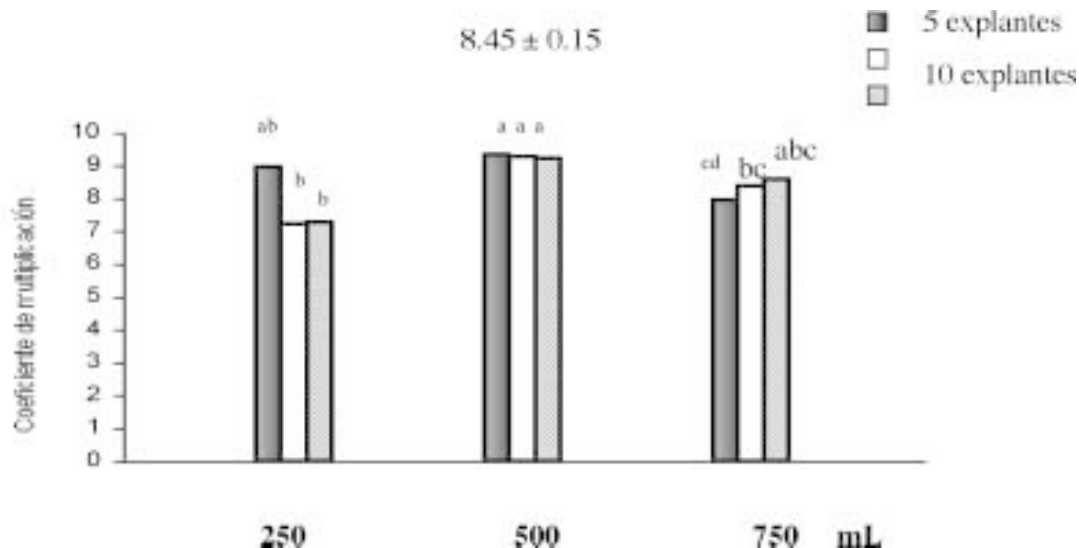


Figura 1. Efecto del número de explantes y del volumen de medio de cultivo sobre el coeficiente de multiplicación en brotes de banano “Williams” y “Giant Cavendish” propagados en BITs. Los datos representan la media $\pm$ error estándar (EE) de tres repeticiones. Los tratamientos con letras diferentes presentan significación para $p < 0.05$ por el test de Duncan.

Respecto al tamaño de los brotes y la supervivencia de las plántulas durante la fase de aclimatación, no se encontraron interacciones entre los factores evaluados (tabla 2). Cuando se empleó un volumen de medio de 500 mL se logró un mayor porcentaje de brotes con tamaño ma-

yor de 6 cm, lo cual implica plantas de muy buena calidad para la fase de aclimatación. La supervivencia en todos los casos fue superior al 95.5%, lo cual muestra que mediante esta técnica se obtienen plántulas competentes en todos los casos.

Tabla 2. Evaluación del efecto del volumen de medio de cultivo y número de explantes sobre el tamaño de los brotes y supervivencia de las plántulas durante la fase de aclimatación.

(A) Volumen de medio (mL)	Tamaño de los brotes			Supervivencia (%)
	> 6 cm	3-5 cm	3-2 cm	
250	2.44 b	5.44	2.11	9.55
500	3.00 a	5.88	1.11	10.00
750	2.22 b	5.38	2.38	9.70
EE $\pm$	1.15	1.36	1.8	0.15
(B) Explantes (Nº)				
5	3.22 a	5.33	1.4	9.55
10	2.00 b	5.83	2.0	9.70
15	2.44 b	5.83	2.1	10.00
EE $\pm$	1.15	1.36	1.30	0.15
AxB	NS	NS	NS	NS

Tabla 3. Comparación del coeficiente de multiplicación y porcentaje de supervivencia de brotes de bananos "Williams" y "Giant Cavendish" en sistemas convencionales de micropropagación y BITs.

Sistema de propagación	Coeficiente de multiplicación	Total brotes (después de tres meses)	% supervivencia
Convencional	1.5	475	85
BITs	9.4	423	97.5

Los datos representan la media $\pm$ error estándar de tres repeticiones. Los tratamientos con letras diferentes presentan significación para $p < 0.05$ por el test de Duncan

En la tabla 3 se muestran algunas comparaciones en la eficiencia de multiplicación y porcentajes de supervivencia entre los sistemas convencionales y los biorreactores de inmersión temporal, donde evidentemente se observa como después de tres meses en los BITs se logran obtener más de 400 brotes, mientras que en los sistemas convencionales se obtuvieron 47 brotes; de igual manera la supervivencia de las plántulas fue mayor en los BITs, debido a la mejor calidad de los brotes. Esto se debe a que el proceso de inmersión temporal para la proliferación de diferentes especies vegetales permite un mejor intercambio gaseoso, una mejor asimilación de los nutrientes; adicionalmente se presenta un mayor contacto entre los tejidos y el medio de cultivo y una mayor difusión de sustancias tóxicas, lo cual incide en mejorar los coeficientes de multiplicación y calidad de los brotes.

CONCLUSIONES

La tecnología de los biorreactores de inmersión temporal se presenta como una novedosa alternativa que permite mejorar los coeficientes de multiplicación, desarrollo de las plántulas, calidad fisiológica y un mayor porcentaje de supervivencia en bananos "Giant Cavendish" y "Williams", que tienen gran importancia para los programas de exportación del sector bananero.

BIBLIOGRAFÍA

- Aitken-Christie, J., T. Kosai and S. Takayama. 1995. Automation in plant tissue culture. General introduction and overview. p. 1-18. In: Aitken-Christie, J., T. Kosai, and M.A.L. Smith (eds.) In: Automation and environmental control in plant tissue culture. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- George, E.F. (1996) Plant propagation by tissue culture part 2. In practice. 2nd edition. Exegenetics Limited England pp. 1031 – 1034.
- Hahn, E.J., and Y.B. Lee. 1996. A new method on mass production of micropropagated chrysanthemum plants using microponic system in plant factory. Proc. Int. Sym. Plant Production in Closed Ecosystems. Acta Hort. 440. ISHS. pp. 527-532.
- Kozai, T., B.R. Jeong., CH.Kubota., Y. Murai. (1995). Effects of volume and initial strength of medium on the growth, photosynthesis and ion uptake of potato (*Solanum tuberosum*) plantlets *in vitro* J. Japan. Soc. Hort. Sci. 64(1): 63-71
- Kurata, K. 1995. Automated systems for organogenesis. p. 257-272. In: Aitken-Christie, J., T. Kosai, and M.A.L. Smith (eds.) In: Automation and environmental control in plant tissue culture. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands
- Ma S.S., C.T. Shii (1972). In vitro formation of adventitious buds in banana shoot apex following decapitation. J. Chin. Soc. Hort. Sci. 18: 135-142.
- Teisson, C., Alvard, D., B. Berthouly, F. Cote, J.V. Escalant, H. Etienne, and M. Lartaud. 1996. Simple Apparatus To Perform Plant Tissue Culture By Temporary Immersion. Acta Hort. 440:521-526.
- Wong, W.C. 1986. In vitro propagation of banana (*Musa spp*): Initiation, proliferation and development of shoot-tip cultures defined media. In: Plant Cell, Tissue and Organ Culture. Vol. 6, N° 2: 159 – 166.
- Ziv, M., T. Ariel. (1994) Vitrification in relation to stomatal deformation and malfunction in carnation leaves *in vitro*. In: Lumsden, P.J.R. Nicholas, W. J. Davies (eds). Physiology, growth and development of plants in culture, 143 – 154. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.

Transformación genética de banano (cv Gran enano) y platano (cv Curraré) para introducir resistencia a Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*).

Genetic transformation of banana (cv Gran enano) and plantain (cv Curraré) to introduce resistance to Black Sigatoka (*Mycosphaerella Fijiensis*).

J. L. Ortiz¹; M. Gómez²; N. Vásquez¹; M.E. Aguilar¹.

RESUMEN

La transformación genética de cultivos celulares embriogénicos de los cultivares Curraré y Gran enano, se realizó mediante el bombardeo de partículas cubiertas de ADN. Se evaluó dos vectores de transformación genética, el pBI121 que expresa el gen reportero GUS y el gen marcador *nptII*. También se probó el plásmido pHAGG, constituido por el gen reportero GUS, el gen marcador *hph* y los genes de glucanasas y quitinasas. Estos genes son de interés agronómico ya que degradan las paredes del hongo constituido principalmente por quitinas y glucanos. Ambos vectores están bajo el dominio del promotor constitutivo 35S (CaMV). La expresión transitoria se evaluó por medio del conteo de puntos azules, mostrando mejores resultados para el cv Curraré, logrando obtener en promedio 2207 puntos azules para el mejor tratamiento. El material se sometió a selección con el Medio de regeneración M3, para el vector pBI121 se utilizó el antibiótico kanamicina a una concentración de 100mg/l y para el vector pHAGG el antibiótico higromicina a una concentración de 75 mg/l. Se observó la regeneración de agregados celulares embriogénicos con formación de embriones en diferentes estados de desarrollo. En esta etapa se llevó a cabo un análisis histoquímico que reveló la presencia del gen GUS en los agregados celulares; el análisis histológico mostró la integración uniforme del agente revelador X-Gluc en el interior del tejido.

Los embriones somáticos se subcultivaron al medio MS, logrando la germinación de los embriones. Secciones de tejidos de hoja y raíz se sometieron al agente revelador X-Gluc, observándose una tinción uniforme del tejido expuesto.

ABSTRACT

Genetic transformation of embryogenic cellular cultures of the cultivars Curraré and Gran enano through particle bombardment covered with DNA was evaluated. In order to establish bombardment conditions, two genetic transformation vectors were evaluated: the pBI121 that expresses the gene reporter GUS and the marker gene *nptII*. Second plasmid proven was the pHAGG, that presents in its construction the GUS reporter gene, the marker gene *hph*, it displays the glucanase and chitinase genes of agronomic interest which mainly degrade the fungus walls constituted by chitinas and glucans. Both transformation vectors are under the dominion of the constituent promoter 35S (CaMV). The transient expression evaluated by counting blue dots demonstrated better results for Curraré cultivar, obtaining in average 2207 blue dots for the best treatment. The material was subjected to using the selection M3 regeneration medium, for cellular cultures bombarded with vector pBI121 the kanamicina antibiotic was used at a concentration of 100/l and for the pHAGG vector was used higromycin antibiotic at a concentration of 75 mg/l. Regeneration of embryogenic cellular aggregates with embryos formation at different development stages was observed. In this stage, a histochemical analysis was carried out that revealed the presence of the GUS gene in cellular aggregates; the histological analysis showed a uniform integration of the revealing X-Gluc agent into the tissue. Regenerated somatic embryos were subcultivated into the MS medium, obtaining germination of embryos. Leaf tissue and root sections were put under the revealing X-Gluc agent, showing a uniform stain of the exposed tissue.

1. CATIE, Unidad de Biotecnología, 7170 Turrialba, Costa Rica. E-mail jortiz@catie.ac.cr

2. CINVESTAV, Departamento de Ingeniería Genética, 629 Irapuato, Gto México.

I

INTRODUCCIÓN

Las musáceas de interés comercial, el banano y el plátano, son seriamente afectadas por la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet). Esta enfermedad causa necrosis en las hojas y reduce la actividad fotosintética lo cual se traduce en una disminución de la producción y el rendimiento y la pérdida de plantaciones y cosechas (Stover, 1983).

El control de la enfermedad en fincas comerciales comprende el uso excesivo de productos químicos, provocando la aparición de poblaciones del patógeno resistentes a los fungicidas (Carlier, 2000). Se estima que los costos anuales por aplicación de fungicidas están en el rango de \$600 a \$1800 por hectárea. Este hecho, aunado al deterioro ambiental hace necesaria la búsqueda de nuevas alternativas para resolver estos problemas (Strobel *et al.*, 1993).

Los avances en biotecnología permiten el mejoramiento genético de cultivos a través de la manipulación directa de genes de interés comercial sin afectar otras características de los cultivos (Cruz, 1998). La transformación genética mediante el bombardeo de partículas ó mediada por *Agrobacterium* es una alternativa muy prometedora para el desarrollo de plantas resistentes a estas enfermedades (Crouch *et al.*, 1998). El aislamiento de genes de resistencia y el desarrollo de plantas transgénicas ofrece expectativas para resolver estos problemas en musáceas (Cruz, 1998). El uso de estas tecnologías en musáceas es bien justificado dado que el mejoramiento genético convencional es limitado por la alta esterilidad y niveles de ploidía de los cultivares comerciales (Belalcázar *et al.*, 1995; Vuylesteke *et al.*, 1999).

Este trabajo desarrollado en colaboración con el CINVESTAV de México pretende hacer aportes al desarrollo de una metodología para la transferencia de genes de resistencia a la Sigatoka negra del banano y plátano, mediante la técnica de bombardeo de partículas.

METODOLOGÍA

El trabajo se realizó en los Laboratorios de Biotecnología del CATIE, Turrialba, Costa Rica, y en el Laboratorio del Departamento de Ingeniería Genética del CINVESTAV, Irapuato, México.

La transferencia de genes se realizó con suspensiones celulares de banano del cv 'Gran Enano' (flores masculinas) y de plátano del cv 'Curraré' (flores femeninas) en fase de crecimiento exponencial, utilizando el método de aceleración de partículas (Biobalística PDS-1000/HE de BIO-RAD). El Plásmido pHAGG (CINVESTAV) utilizado como vector de transformación está constituido por el gen reportero *uidA* de la b-glucuronidasa, el gen marcador *hph* con resistencia a higromicina y los genes de la b-1.3 glucanasa y quitinasa (clase I de tabaco) como inductores de resistencia a *Mycosphaerella fijiensis* (Fig. 1). Estos genes están bajo el control del promotor constitutivo 35S del virus del mosaico de la coliflor (CaMV 35S).

El plásmido pBI121 integrado por el gen reportero *uidA* y el gen marcador con resistencia a kanamicina *nptII* se utilizó como control. Estos genes están clonados bajo el control del mismo promotor (CaMV 35S). En cada bombardeo se usó 1mg de ADN y cada muestra de suspensión celular fue bombardeada una vez. Como testigo se utilizó suspensiones celulares no bombardeadas.

Después del bombardeo los cultivos se incubaron en el medio M2 osmótico (18g/l sorbitol, 18g/l manitol) durante una noche, en la oscuridad a $27^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Posteriormente, se realizó una transferencia al medio de regeneración M3 en presencia de los agentes selectivos (higromicina y kanamicina), con subcultivos a medio fresco cada 45 días, hasta la proliferación de embriones somáticos en estado globular.

La expresión transitoria del gen GUS fue evaluada mediante el conteo de puntos azules, 48 horas después del bombardeo, según lo descrito por Sági *et al.* (1995). La evaluación de la expresión estable del gen de resistencia a antibióticos se llevó a cabo en el medio M3 con 100 mg/l de kanamicina (Becker *et al.* 2000) y 75 mg/l de higromicina (Sági *et al.* 1995), para lo cual se analizaron las células muertas y las células sobrevivientes.

Asimismo, se realizó un análisis histológico para conocer el estado celular de las suspensiones, para lo cual se tomó muestras antes del bombardeo, posterior a la prueba de expresión transitoria (GUS) y después de la prueba de selección (*nptII*, *hph*). Cada muestra fue procesada según la técnica descrita por el CIRAD (1989).

Como variables se evaluó la distancia de dis-

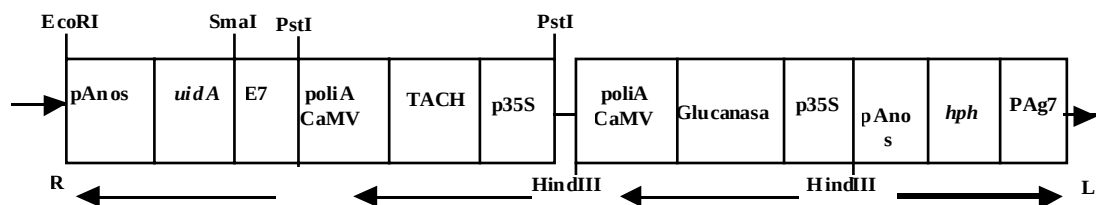


Figura 1. Representación esquemática del vector de transformación pHAGG.

paro (6 y 9 cm), la presión de gas Helio (1100 y 1350 psi), los plásmidos pHAGG y pBI121 y los proyectiles de oro y tungsteno. Para cada una de ellas se determinó la expresión transitoria del gen GUS y la sobrevivencia de las células en medio con selección. El análisis estadístico se realizó mediante un diseño completamente al azar (DCA) y diseño de tratamientos en arreglo factorial 2^5 con 3 repeticiones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cabe destacar que por primera vez en el cultivar Curraré (AAB) se realizó la transformación genética de suspensiones celulares embrionarias utilizando la técnica de biobalística.

La evaluación de la expresión transitoria (GUS) mostró que la mayor eficiencia en los eventos de transformación se logró con el plásmido pHAGG, con microproyectiles de tungsteno, una presión de 1100 psi y 6 cm de distancia, con lo cual se obtuvieron valores promedio de 1596, 2207 y 1692 puntos azules (Fig. 2a), observaciones al microscopio mostraron que la uniformidad de tinción provocada en las células, es debido a la presencia del gen GUS en el interior de estos agregados celulares (Fig. 2b). Estos resultados también se reflejan en la capacidad regenerativa de las células durante la fase de selección.

El estudio histológico de las células bombardeadas confirma que la mayoría de los agregados celulares y las células hijas que dieron positivo al gen GUS, revelan la presencia del gen en el interior celular (Fig. 2c). La evaluación de las células del cultivar Curraré en presencia del agente selectivo higromicina, mostró la presencia de células que sobrevivieron (Fig. 2d) a la selección y de células necrosadas que no soportaron la selección. El daño celular observado consistió de células plasmolizadas, completamente vacuoladas y con núcleos mal definidos. No obstante, también se

observó grupos de células en división, con núcleos bien definidos, las cuales soportaron el proceso de selección. Estas células mostraron la formación de los primeros agregados celulares en crecimiento activo y posteriormente evidenciaron la diferenciación de numerosos embriones globulares (Fig. 2e).

Los embriones obtenidos se desarrollaron posteriormente en embriones bien diferenciados sobre el medio de germinación (MS + BAP 0.5mg/l y AIA 2mg/l, pH 5.7 y phytagel 2.5 g/L) con 75 mg/l de higromicina. Estos embriones se subcultivaron en el medio de desarrollo (MS sin reguladores de crecimiento) con el respectivo antibiótico. El desarrollo fue normal con la diferenciación de los primordios foliares (Fig. 2f), la aparición de las primeras hojas y raíces (Fig. 2g). El análisis histológico (X-Glu) reveló que tanto las hojas como las raíces dieron positivo al gen GUS (Fig. 2h, 2i).

Estas observaciones hacen suponer que después de nueve meses de realizados los eventos de transformación, tanto la expresión del gen GUS, como la del gen de resistencia a higromicina (*hph*) son estables. Como resultado, se espera que las plantas regeneradas sean portadoras del gen de resistencia (b- 1.3 glucanasa y quitinasa) a la Sigatoka negra. El análisis molecular de las plantas obtenidas y los ensayos de resistencia a nivel de invernadero permitirán verificar esta hipótesis. Para el plásmido pBI121 la expresión transitoria no fue tan exitosa, por lo tanto, era de esperar que estos materiales no sobrevivieran al agente selectivo (kanamicina).

CONCLUSIONES

- Por primera vez se trabajó con la transformación genética del cultivar Curraré obteniéndose resultados muy interesantes ya que se logró la germinación de embriones somáticos y la conversión en planta en presencia del agente selectivo (Higromicina).

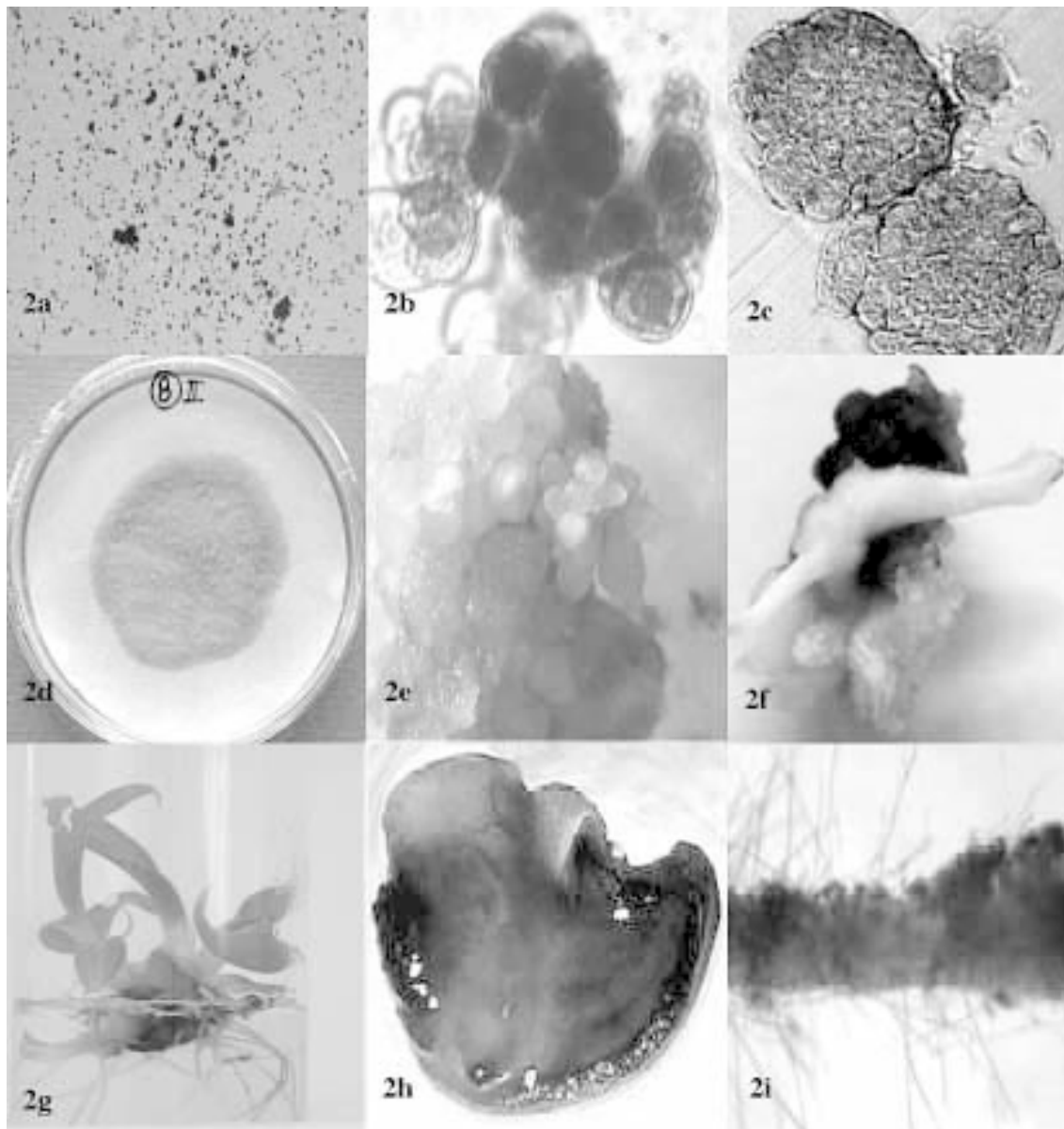


Figura 2. La fig.2a representa la expresión transitoria (gen GUS), 2b Presencia del gen GUS en el interior de las células individuales, 2c. Cortes histológicos de los agregados celulares que expresan la presencia del gen GUS, 2d. **Células** que sobrevivieron a la selección. 2e Regeneración de embriones somáticos en medio con selección. 2f. Germinación de embriones. 2g. Desarrollo de embriones. 2h. Análisis histoquímico de hojas. 2i. Análisis histoquímico de raíces.

- Como condiciones óptimas de bombardeo se determinó una distancia de 6 cm, con 1100 psi. de presión, utilizando partículas de tungsteno.
- La expresión transitoria del gen GUS se constató a través del análisis histoquímico y se lo
- gró cuantificar en células embriogénicas mediante el conteo de puntos azules, 48 horas después del bombardeo y en tejidos de hoja y raíz, cinco meses después.
- El plásmido pHAGG portador de los genes de

resistencia (quitinasa y glucanasa) a la Sigatoka negra expresó los mejores resultados en el cultivar Curraré, comparativamente con el plásmido pBI121.

BIBLIOGRAFÍA

- Becker, DK; Bugdale, B; Smith, MK; Harding, RM; Dale, JL. 2000. Genetic transformation of Cavendish banana (*Musa spp.* AAA group) cv 'Gran Nain' via microprojectile bombardment. *Plant Cell Report* 19:229-234.
- Carlier, J; Fouré, E; Gauhl, F; Jones, DR; Lepoivre, P; Mourichon, X; Pasberg-Gauhl, C; Romero, RA. 2000. Fungal diseases of the foliage. *In* Jones, D.R. ed. *Diseases of banana, abacá and Enset*. Oxon, UK. CABI Publishing. p. 37-141.
- Crouch, HJ; Vuylsteke, D; Ortiz, R. 1998. Perspectives on application of biotechnology to assist the genetic enhancement of plantain and banana (*Musa spp.*). *Electronic Journal of Biotechnology*. Vol 1.
- Cruz, HA. 1998. Producción de embriones somáticos transformados de mango y aguacate. Tesis Ph.D. Irapuato, Guanajuato, MX, CINVESTAV. 80p.
- Ortiz, J.L. 2001. Desarrollo de una metodología para la transformación genética de banano (cv Gran enano) y plátano (cv Curraré) de consumo local para introducir resistencia a la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*). Tesis M.Sc. Turrialba, CR, Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE). 60p.
- Sági, L; Panis, B; Remy, S.; Schoofs, H; De Smet, K; Swennen, R; Cammue, BPA. 1995. Genetic transformation of banana and plantain (*Musa spp.*) via particle bombardment. *Bio/Technology*. 13:481-485.
- Stover, RH. 1983. Effet du Cercospora noir sur les plantains en Amérique Centrale. *Fruits* 38, 326-329.
- Strobel, GA; Stierle, AA; Upadhyaya, R; Hershenhorn; Molina, G. 1993. The phytotoxins of *Mycosphaerella fijiensis*, the causative agent of Black Sigatoka disease and their potential use in screening for disease resistance. *In* Proceedings of the Workshop on Biotechnology Applications for Banana and Plantain Improvement, San Jose CR 27-31 January.
- Vuylsteke, D; Hartman, J; Tenkouano, A. 1999. Breeders' perspective on biotechnology for *Musa* improvement. *INFOMUSA* 8(1):6-7.

Búsqueda de genes de defensa contra la Sigatoka Negra en *musáceas*

Searching of genes of defense against black sigatoka in *musa*.

M. Dagert, K. Boscán, A. Briceño, S. Rangel.

RESUMEN

El presente trabajo estudia la resistencia del cultivar Yangambi Km. 5 a la Sigatoka negra, en búsqueda de genes involucrados en la misma. Para ello usamos la técnica de la hibridación substractiva que nos permitirá aislar los genes que se expresan diferencialmente, inducidos por la infección con *Mycosphaerella fijiensis*. Los genes resultantes fueron clonados en una genoteca ADNc, y estos clones fueron procesados para seleccionar los plásmidos recombinantes. En la actualidad, los fragmentos clonados están siendo secuenciados, para posteriormente buscar homologías con los genes reportados.

ABSTRACT

The work present studies the resistance of Yangambi Km 5 cultivar against black Sigatoka, looking for genes involved. For this make use of the subtractive hybridization technique to isolate genes that are differentially expressed, in the plants infected with *M. fijiensis*. These genes were cloned in cDNA-library. The clones are processed for choose the recombinant plasmids and the fragments analized for comparative studies.

I

INTRODUCCION

La Sigatoka negra es una enfermedad foliar causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis*, que afecta a la mayoría de los cultivos de plátanos y bananos en el mundo, (Stover, 87). Esta enfermedad es parcialmente controlada con agroquímicos. Se han logrado algunos cultivos resistentes a la enfermedad mediante técnicas agronómicas tradicionales, con el inconveniente de afectar cualidades importantes para la comercialización del fruto (Dadzie, 98). Una alternativa prometedora consiste en lograr plantas resistentes a la enfermedad mediante modificación genética, para lo cual es importante descifrar los mecanismos involucrados en la defensa de las plantas contra el ataque de patógenos. En este trabajo se estudiará un cultivar (Yangambi Km. 5) que ha mostrado resistencia al ataque del hongo *Mycosphaerella fijiensis*. A fin de evaluar el comportamiento de las plantas frente a la enfermedad se diseñó un sistema de condiciones controladas. Este sistema nos

permitirá evaluar el comportamiento del tejido vegetal en presencia del hongo. Para este fin aprovecharemos la hibridación substractiva como una herramienta que nos va a permitir aislar genes que se expresan de manera diferencial en un sistema determinado (Duguid, 98), los cuales pueden clonarse para su posterior identificación y análisis.

HIPÓTESIS DE TRABAJO

La resistencia a *Mycosphaerella fijiensis* en los cultivos de Yangambi Km5 viene dada por la interacción del tejido vegetal con un elicitor producido por el hongo. Estos elicitores estimulan receptores ubicados en la célula, los cuales "activan" una cascada de reacciones que terminan en la producción de sustancias que destruyen al patógeno, impidiendo así el avance de la enfermedad. Parte de estas reacciones de defensa están controladas por genes que solo se transcriben luego de la penetración del hongo, por ello esperamos "pescar"

* Universidad de los Andes, Laboratorio GeQuimCel, Apartado Postal 5101, Mérida, Venezuela. Tel: 85-274-2401310; Fax 85-74-2401286; E-mail: k_boscan@yahoo.com.

los ARNm correspondientes usando la hibridación substractiva.

OBJETIVOS DEL TRABAJO

- Reproducir en laboratorio las condiciones de infección de *Mycosphaerella fijiensis* sobre cultivos de musáceas resistentes y sensibles a la Sigatoka Negra, realizando una cinética de inducción de la enfermedad.
- Utilizar la técnica de hibridación substractiva para aislar genes que se transcriben a partir de la infección del hongo en cultivos de musáceas resistentes a la Sigatoka negra. Clonar e identificar los genes aislados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material biológico

Se usaron plantas propagadas in vitro de Yangambi Km 5 (altamente resistente a la Sigatoka negra) y Grand Naine (altamente susceptible), el medio de cultivo usado fue el recomendado por INIBAP, al igual que el medio de enraizamiento. Para la inoculación se usaron aislados de *M. fijiensis* obtenidos de plantas infectadas en condiciones naturales.

Se tomaron aislados monoascospóricos de *M. fijiensis* a partir de tejido foliar invadido, posteriormente se indujo la formación de conidios, con los cuales se preparó una solución de gelatina al 0,1% la cual se usó para la inoculación. Los aislados de *M. fijiensis* crecieron en medio V8

Infección de las plantas en condiciones controladas

Para este ensayo se utilizaron las plantas en las condiciones descritas por (Riveros, 95).

El dispositivo para el desarrollo de la enfermedad está constituido por una caja de acrílico transparente (5mm de espesor) con puertas (2x1x1 m), en la cual se colocó un nebulizador especial para mantener una humedad relativa adecuada. Luego de inocular las hojas, se procedió a tomar el tejido después de cada uno de los tiempos indicados, a fin de realizar la extracción de ARN total. Las muestras se tomaron a los tiempos: 0, 3, 6, 12, 18, 24, 36, 48, 72 horas.

Luego de las inoculaciones, se tomó un segmento de tejido de la hoja inoculada de un tama-

ño aproximado de 0,5 mm y se le retiró con una hojilla la cutícula, se humedeció y se colocó en un portaobjeto para su observación al microscopio confocal.

Este microscopio nos permitió ver la fluorescencia en el tejido.

Purificación del ARN

La extracción de ARN se hizo siguiendo el método de Briceño y Castillo (comunicación personal 2000).

Se pesaron 5g de material vegetal y se congeló en Nitrógeno líquido y se maceró muy bien hasta obtener un polvo fino. Después de transferir a un vaso de precipitado de polipropileno conteniendo 20 ml de buffer de extracción y 20 ml de fenol equilibrado con Tris-HCL, se mezcló por 5 min en un homogenizador a mediana velocidad. Luego se agregó 20 ml de cloroformo: alcohol isoamílico (24:1) y se mezcló suavemente por 5 min con el mismo homogenizador. Se transfirió a un tubo de polipropileno libre de ARNasas y centrifugó a 6.000 x g por 30 min a 4°C, repitiendo la extracción con solventes orgánicos. La fase acuosa fue recuperada y transferida a un tubo libre de ARNasas, se agregaron 0,1 volúmenes de ácido acético glacial y un volumen de etanol 100%, mezclando mediante inversión. Se dejó precipitar a -20°C toda la noche antes de centrifugar a 6.000 g por 30 min. El sobrenadante se descartó y se le agregó 500-1000 μ l de acetato de sodio 3 M pH 5,2 y se agitó con vortex para desprender el “pellet” del tubo; (repetir este paso al menos tres veces para eliminar el alto contenido de polisacáridos). El sobrenadante se recuperó por centrifugación a 1200 x g por 15 min a 4°C. Luego del último lavado con acetato, se lavó con etanol 70% y se centrifugó igual que en el paso anterior por 10 min. Se secó suavemente en cámara de vacío, y se resuspendió en 500 μ l de agua tratada con DEPC.

Buffer de extracción: Tris-HCL 0,3M , pH 10, SDS 0,5%, EDTA 5M.

Hibridación con una sonda de β -1,3-glucanasa

Se seleccionaron en el “Gene Bank” las secuencias ARNm reportadas del gen de la β -1,3-Glucanasa. Se alinearon estas secuencias usando el programa Clustal W, posteriormente se seleccionó la región de máxima homología para diseño de

la sonda, luego se sintetizó el fragmento seleccionado marcado con digoxigenina (Operon Technologies)

Para esta parte del trabajo se siguió el protocolo de hibridación indicado en el **"DIG DNA Labeling and Detection Kit de BOEHRINGER MANNHEIM"** (cat. No. 1093 657). La sonda de α -1,3-glucanasa se hibridizó con la membrana de nylon contentiva de los ARN extraído del material vegetal correspondiente a los diferentes tiempos de la cinética de inducción.

Procesamiento de los ARN

El ARN de la muestra que mostró hibridización con la sonda se seleccionó para proceder a la hibridación substractiva, esta se realizó siguiendo el método recomendado por Dynal®

Los ARNm resultantes de la substracción fueron clonados usando el **"ZAP-cDNA® Gigapack® III Gold Cloning Kit (Stratagene Cat#200450)"** y siguiendo las instrucciones del kit.

Análisis y selección por PCR de los clones recombinantes

La extracción de ADN plasmídico se realizó por el método de lisis alcalina, (Sambrook, 89) con modificaciones.

Mezcla de PCR		Condiciones de PCR:
Compuesto	Vol. (μl)	
Para 1 muestra		
Buffer 10X	2,50	
MgCl ₂ 10mM	1,50	
dnTP 10mM		
Primers M13 Forward (17Mer) 10ng/ μl	5,0	
Primers M13 Reverse (17Mer) 10ng/ μl	5,0	
Taq 4u/ μl	0,16	
H ₂ O	8,34	
ADN	0,5	
Volumen total	24,5	
		94 °C 1 min
		55 °C 1 min
		72 °C 2,4 min
		Se repiten 30 ciclos de este programa

Utilizando los primer M13 se hizo un PCR de los clones esperando amplificar el inserto clonado, esto se hizo bajo las siguientes condiciones:

Los clones amplificados se corrieron en un gel de agarosa, para así seleccionar los fragmentos clonados de mayor tamaño.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

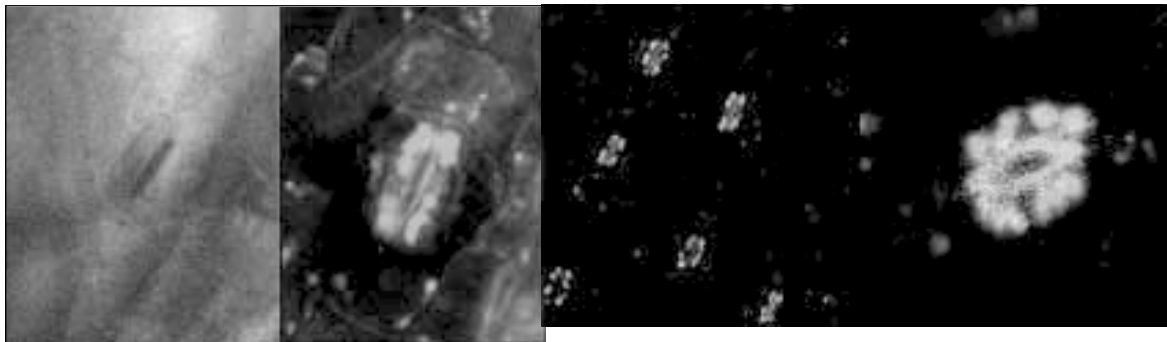
1. Inoculación en condiciones controladas

La Sigatoka negra es una enfermedad que se observa en la naturaleza en condiciones climáticas muy características, (25 °C, HR 70 y 90 %) (Jacome, 92), por ello enfocamos la primera parte de este trabajo hacia el establecimiento de un sistema de condiciones controladas adecuadas para la infección de las plantas. La inoculación de Grand Naine con el hongo *M. fijiensis*, mostró que es posible inducir los síntomas en condiciones controladas como se muestra en las figuras. Se observaron síntomas de Sigatoka Negra desde sus primeros estadíos (Fouré, 93) en la planta de Grand Naine, colocada en el sistema de inoculación, las primeras "pizcas" o pequeños puntos negros se observaron a partir del día 27 luego de la inoculación. El resultado se muestra en las fotografías:



Figura 1: Izquierda: Hoja II de Grand Naine inoculada con suspensión de conidios de *M. fijiensis*, mostrando síntomas en el estadio 3 de la Sigatoka negra a los 27 días luego de la inoculación. Derecha: Corte al microscopio de la región necrosada de la hoja infectada, mostrando un peritecio de *M. fijiensis*.

2. Observaciones microscópicas



Fotografía al microscopio confocal de estoma de Yangambí Km 5, imagen izquierda tejido de planta control. Imagen derecha estoma tres horas luego de la inoculación. Aumento 40X,

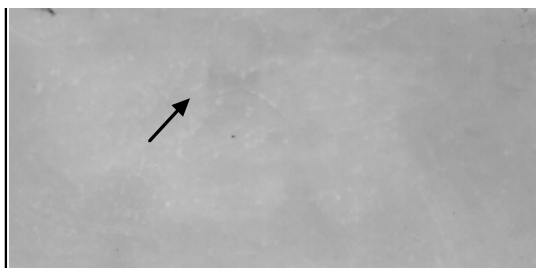
Estomas de Yangambí Km. 5, seis horas luego de la inoculación. Imagen digital, aumento 10X derecha y 40X izquierda.

Los resultados obtenidos muestran que el tejido foliar de Yangambí Km. 5 responde rápidamente al ataque del patógeno, como lo evidencian las fotografías en microscopio confocal, al observarse acumulación y desplazamiento de aposiciones fluorescentes hacia los estomas, que es el sitio de penetración del hongo, estas observaciones dan pie a un estudio mas profundo al respecto.

3. Hibridación Northern Blotting con sonda de α -1,3-glucanasa

Tiempos de inducción (horas)

0 3 6 12 18 24 36 48 72 CONTROL



Secuencia de la sonda
5' gtcaatgtgtaccctatttttagctacac 3' 29nt

Figura 2: Transferencia "Northern Blotting" e hibridación con sonda de α -1,3-glucanasa marcada con digoxigenina.

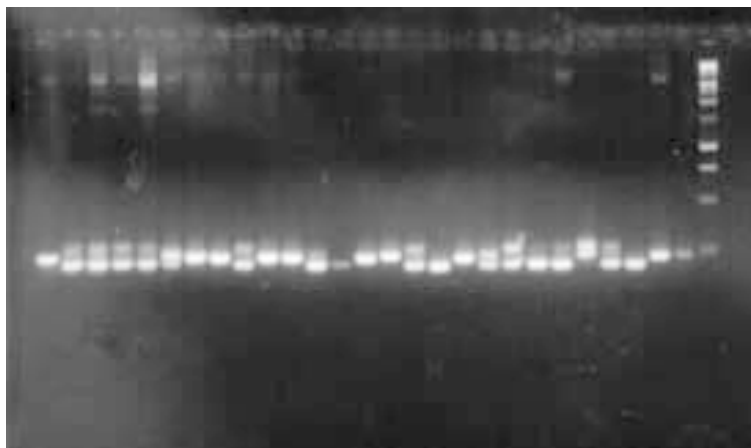
Se observa una mancha en la membrana (Figura 2), lo cual nos indica hibridación de la sonda marcada, con el ARN indicativo de las 24 horas luego de la inoculación. Esto indica una síntesis del gen de la α -1,3 glucanasa, la cual es una proteína PR descrita en otros sistemas (Bojsen, 93), (Bowles, 90). Cabe destacar que este ensayo no se realizó como un estudio en si de la expresión de α -1,3 glucanasa en Yangambí Km 5 como respuesta al ataque de *M. fijiensis*, se hizo como un sondeo para poder establecer un tiempo específico para realizar una hibridación substractiva.

4. Clonéo y selección de los recombinantes

En el gel se observan diferencias de tamaño en algunos fragmentos amplificados, con respecto al plásmido sin inserto, esto es un indicativo del éxito del clonéo, actualmente se están secuenciando los fragmentos seleccionados para posteriormente estudiar una posible homología de estos fragmentos con los genes reportados en la base de datos especialmente con los genes relacionados con la resistencia de plantas hacia las enfermedades.

CONCLUSIONES

El cultivar Yangambí Km 5 muestra una respuesta tanto a nivel molecular como morfológico hacia el ataque de *M. fijiensis*, pero a la vez también nos indica que deben hacerse muchos estudios al



1-CK01	15-CK24
2-CK02	16-CK26
3-CK04	17-CK27
4-CK05	18-CK28
5-CK06	19-CK29
6-CK07	20-CK30
7-CK08	21-CK31
8-CK11	22-CK35
9-CK13	23-CK37
10-CK14	24-CK38
11-CK17	25-CK39
12-CK18	26-Plásmido ctrl.
13-CK19	27-ctrl. negativo
14-CK23	28-Escalera PM

Tipo de gel	Buffer de corrida	Concentración de Agarosa	Volumen de muestra/pozo	Voltaje/t (h)
Agarosa ADN condiciones normales	TAE 50X	1,5%	10 μ l	70 V

respecto para poder dilucidar el mecanismo que hace que esta resistencia sea posible, este tipo de trabajos deja una ventana abierta a una serie de caminos que nos pueden llevar hacia los resultados, Utilizando las nuevas herramientas que nos ofrece la biología molecular podremos aislar e identificar los genes involucrados en la resistencia.

RECONOCIMIENTOS

Este trabajo se realizó en las instalaciones del lab. GeQuimCel de la Universidad de Los Andes, con financiamiento del CONICIT. Agradezco la colaboración aportada por la TSU Yulimar Castro y de todo el personal que labora en ese recinto, también agradezco al Dr. Cesari Colasante por el uso del microscopio confocal, a Marcial Laffaille por las fotografías y al personal del INIA por facilitarnos el material vegetal.

LITERATURA CITADA

- Bojsen, K., Nielsen, K.K. Gottschalk T. and Mikkelsen, J.D. (1993).. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 449.
- Bowles, D.J.(1990). Ann. Rev. Biochem. 59:873-907.
- Dadzie B. K. (1998). INIBAP , Technical Guidelines 4 pp 3
- Duguid JR. And Rohwer RG., (1988) Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 85:5738-5742.
- Fouré, E. (1993). : Breeding Banana and Plantain for Resistance to Diseases and Pest. J. Ganry (ed) Montpellier, France: CIRAD, INIBAP, pp 159-170.
- Jacome, L.H. and Schuh, W. (1992). Phytopatology. 82: 515-520.
- Riveros, A.S. (1995). Mémoire envue de l'obtention du certificat d'Etudes Approfondies en Biotechnologies. Faculte des Sciences Agronomiques de Gembloux Belgique. 77pp.
- Sambrook J., Fritsh E.y Maniatis T. (1989). Molecular Cloning a laboratory manual Second edition. Cold spring harbor Laboratory press 1989. pp1.38-1.39.
- Stover, R.H. and Simmonds, N.W. (1987). Bananas. Third edition. Longman Scientific Technical. 468pp.

Estudio en campo de la estabilidad genética y el efecto del cultivo *in vitro* sobre los componentes del rendimiento de plantas regeneradas vía embriogénesis somática en medios de cultivo líquidos

Field study on the genetic stability and the effect of *in vitro* culture on yield components of plants regenerated via somatic embryogenesis in liquid culture medium

Rafael Gómez Kosky, Luis Antonio Barranco, Christian Villalobos, Jorge Sandoval, Borys Chong Pérez, Dion Daniels, Maritza Reyes Vega*

RESUMEN

Una población de 1.500 plantas regeneradas a partir de los embriones somáticos multiplicados en biorreactores mostraron características similares a las plantas propagadas vía yemas axilares tanto en fase de aclimatización como en campo en los experimentos realizados en Cuba y Costa Rica con el cultivar híbrido de banano FHIA-18 (AAAB). Las plantas provenientes de embriones somáticos tuvieron hábitos de crecimiento similares a las plantas obtenidas de las yemas axilares, en cuanto a la altura de la planta, diámetro del pseudotallo y números de hijos; difiriendo significativamente ambos grupos de plantas provenientes del cultivo *in vitro* de las plantas obtenidas de semillas asexuales durante el período de floración de la planta madre, el cual se acortó en 2 meses. La mayor altura de la planta y el diámetro del pseudotallo en las plantas provenientes de embriones somáticos y micropropagación es debido al efecto del rejuvenecimiento y saneamiento provocado por el cultivo *in vitro*, siendo esto observado en diferentes cultivares de bananos y plátanos. Durante el segundo ciclo de evaluación las plantas provenientes de las tres vías de propagación estudiadas en el presente trabajo presentaron hábitos de crecimiento similares entre ellas, sin diferencias significativas en la mayoría de los parámetros morfológicos evaluados. Estos resultados confirman que las diferencias obtenidas durante el primer ciclo entre las distintas poblaciones, se deben a cambios temporales, recuperando luego las características originales del cultivar a partir del segundo ciclo de cultivo. Se observó la presencia de solo un 0.2 % de variantes somaclonales en las plantas estudiadas en Cuba, porcentajes estos realmente bajos si se toma en cuenta que para otros métodos de propagación se acepta que en condiciones de campo exista hasta un 5% de variantes.

ABSTRACT

A population of 1 500 plants regenerated from somatic embryos and multiplied in bioreactors showed similar characteristics to plants propagated from shoot tip cultures both in the acclimatization phase and the field experiments carried out in Cuba and Costa Rica in the banana hybrid cultivar 'FHIA-18' (AAAB). The plants originating from somatic embryos had similar growth habits to the plants obtained from shoot tips with respect to plant height, diameter of the pseudostem and number of suckers. Both group of plants coming from *in vitro* cultures were significantly different to the plants obtained from suckers during the flowering period of the mother plants, which was shortened by two months. The greater plant height and diameter of the pseudostem in the plants coming from somatic embryos and shoot tip is due to the effect of rejuvenation and cleaning caused by *in vitro* culture, and this was observed in different banana and plantain cultivars. During the second cycle of evaluation, the plants coming from the three via of propagation studied in this work, had similar growth habits without significant difference in majority of the morphological parameters evaluated. These results confirm that the difference obtained during the first cycle between the distinct populations is attributed to temporary changes, recuperating the original characteristics of the cultivar from the second cycle of culture. Only 0.2% somaclonal variants were observed in the plants studied in Cuba. These percentages are low taking into consideration that other propagation methods accept up to 5% variants in field conditions.

* Rafael Gómez Kosky, Luis Antonio Barranco, Borys Chong Pérez, Dion Daniels, Maritza Reyes Vega del Instituto de Biotecnología de las Plantas. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Carretera a Camajuaní km 5. Santa Clara. Villas Clara. Cuba. Email:koskyrg@yahoo.es. Christian Villalobos y Jorge Sandoval de la Dirección de Investigaciones, CORBANA S.A. Apdo.390-7210. Guápiles, Costa Rica.

I INTRODUCCIÓN

Existe muy poca información publicada sobre el comportamiento en el campo de plantas obtenidas *in vitro* mediante la embriogénesis somática; metodología diferente a la micropropagación por ápices (Cote et. al. 2000). Asimismo, la escasa información disponible se refiere a triploides AAA y no a tetraploides AAAB como lo es el caso que nos ocupa. Este trabajo tuvo como objetivo estudiar en fase de aclimatización y campo las características de crecimiento y producción de la primera y segunda generación de plantas del cv. 'FHIA-18' (AAAB) obtenidas mediante organogénesis (micropropagación por ápices) y embriogénesis somática (suspensión celular y biorreactores)

MATERIALES Y MÉTODOS

En Cuba

Estudio comparativo en la fase de aclimatización de las plantas obtenidas por embriogénesis somática y organogénesis.

Con el objetivo de estudiar el comportamiento de las plantas obtenidas de embriones somáticos, los cuales habían sido multiplicados en medios de cultivo líquidos empleando un Biorreactor de 2 L de capacidad modelo CMF-100 (CHEMAP AG). Se transfirieron 1 000 plantas al ambiente *ex vitro*, con una altura entre 4.0 y 5.0 cm y con tres o cuatro hojas.

Esta fase se desarrolló según la metodología propuesta por Pérez *et al.*, (1999) en una casa de cultivo cubierta por una malla plástica (zarán), que logra una reducción de la intensidad luminosa del 70%. El riego se realizó por microaspersión mediante el sistema microjet con una frecuencia de seis riegos al día y una duración de dos minutos cada uno, con esta frecuencia se garantizó una humedad relativa del 85-90%. Se utilizaron bandejas de polieturano con 70 orificios y sustrato artificial formado por una mezcla de casting y zeolita (3:1).

Como tratamiento control fue plantada una población de 1 000 plantas obtenidas a partir de yemas axilares vía organogénesis, empleando para su multiplicación el medio de cultivo MS (1962),

suplementado con 4.0 mg. L⁻¹ de 6- BAP, 0.65 mg. L⁻¹ de AIA y 3.0% de sacarosa (Orellana, 1994).

En esta fase se evaluaron a los 50 días en cada una de las poblaciones 100 plantas al azar a las cuales se les realizaron las siguientes evaluaciones:

- Supervivencia (%).
- Altura (cm) de la planta.
- Ancho (cm) de la penúltima hoja emitida.
- Largo (cm) de la penúltima hoja emitida.
- Largo (cm) de la penúltima hoja emitida.
- Largo (cm) del pecíolo de la penúltima hoja emitida.
- Distancia (cm) entre la hoja dos y tres.
- Caracteres cualitativos tales como: color del pseudotallo y del limbo.

El procesamiento estadístico de los datos experimentales se realizó mediante un análisis de varianza de clasificación simple, del paquete estadístico computacional SPSS versión 9.0.

Evaluación en condiciones de campo del comportamiento de las plantas obtenidas a partir de embriones somáticos.

Con el fin de estudiar la variabilidad fenotípica que se produce en esta vía de regeneración de plantas, se plantaron en el campo 1 000 plantas procedentes de tres vías de propagación.

1. Plantas obtenidas de la germinación de embriones somáticos.
2. Plantas regeneradas vía organogénesis (Micropropagación).
3. Plantas procedentes de semillas asexuales (Cormos).

Estas poblaciones se plantaron en la Empresa de Cultivos Varios "La Cuba" en un suelo ferralítico rojo, temperatura promedio de 29±2.0°C, riego microjet aéreo, la distancia de plantación fue 3.0 m _ 3.0 m y todas las atenciones culturales se llevaron a cabo según Instructivo Técnico para el cultivo del plátano (MINAGRI, 1991). Mientras que duró el experimento no se realizaron aplicaciones de fungicidas.

Las plantas fueron plantadas en el mes de marzo de 1999 y las evaluaciones se realizaron a los 6 y 10 meses (Primer ciclo), 16 y 20 meses (Segundo ciclo) de la plantación al campo. Se procedió a evaluar toda la población para caracterizar la frecuencia de variantes totales (%) (se tuvo como cri-

terio de evaluación todos los cambios observados con respecto a las plantas normales, además de la ficha descriptiva de este cultivar suministrada por la Fundación Hondureña Investigaciones Agrarias) y luego dentro de ella se realizó un muestreo de 50 individuos, repartidos aleatoriamente, por cada grupo de planta analizado, con el fin de estudiar aspectos fenotípicos, según metodología propuesta por Sandoval *et al.* (1997), tales como:

Variables vegetativas a la floración

- Altura (m) de la planta, medida desde la base hasta la inserción en forma de V de las últimas hojas emitidas.
- Diámetro (cm) del pseudotallo, medido a un metro de la base.
- Número de hijos.

Variables de producción

- Número de hojas activas.
- Área (m²) foliar de la penúltima hoja emitida.
- Peso (Kg.) del racimo.
- Número de manos del racimo.
- Largo (cm) del dedo central de la segunda mano (LDC2).
- Largo (cm) del dedo central de la penúltima mano (LDCP).
- Largo (cm) del dedo central de la última mano (LDCU).

Aspectos cualitativos

- Estrías en el pseudotallo.
- Variegación.
- Pigmentos inusuales.
- Hojas lobuladas.
- Nivel de afectación por enfermedades (Sigatoka negra, *Fusarium*)

El procesamiento estadístico de los datos fue similar al anterior. Para determinar las diferencias entre las medias estadísticas en los distintos tratamientos, se utilizó la prueba de rangos múltiples de Duncan y Dunnnett's C, lo cual se especifica en cada tabla de los resultados.

En Costa Rica

Se cultivaron 400 plantas del cv. 'FHIA 18'(AAAB) obtenidas de cada vía de regeneración. Las plantas provenían del Instituto de Biotecnología de las plantas (IBP) de Cuba y fueron evalua-

das por CORBANA S.A., como parte de un convenio de colaboración interinstitucional. La plantación se estableció en 28 Millas de Batán, Limón, Costa Rica. Las plantas fueron distribuidas aleatoriamente en el campo y siguiendo un arreglo de siembra en "tresbolillo", 2,5 m entre plantas y 2,16 m entre hileras. Se midieron las siguientes variables, a la floración: altura (m), circunferencia (m) en la base del pseudotallo y número de hojas, tanto de la planta madre como del hijo de sucesión; a la cosecha: peso de racimo (kg), grosor (1/32") y longitud (cm) del dedo central de la segunda, penúltima y última mano y, la duración de los periodos entre floraciones y cosechas. Los racimos fueron cosechados cuando se observó en ellos los primeros indicios de maduración. Las evaluaciones se llevaron a cabo durante las dos primeras generaciones. Los datos se analizaron estadísticamente mediante pruebas de T para comparar ambas técnicas. También se realizó una determinación de posibles anomalías morfológicas en el fenotipo y fruto de las plantas sembradas.

Resultados y Discusión

Estudio comparativo en la fase de aclimatización de las plantas obtenidas por embriogénesis somática y organogénesis.

A los 50 días de iniciada esta fase, al realizar el estudio comparativo de la población se encontraron diferencias estadísticas para la variable altura de la planta, las plantas obtenidas de embriones somáticos fueron 0.77 cm superiores a las obtenidas a través de yemas axilares (Tabla 1). En los demás parámetros estudiados no se encontraron diferencias significativas, siendo el porcentaje de supervivencia del 98.5 % en las dos vías de regeneración de plantas.

Se observó en las poblaciones, plantas con una banda fina de color rojo en el pecíolo y el pseudotallo de color verde brillante con algunas manchas claras que según Álvarez (1997), son características fenotípicas del cultivar, que desaparecen a medida que aumenta la edad de la planta.

La variación *mosaic-like* descrita por Reuveni e Israeli (1990) que corresponde a manchas irregulares en las hojas, se presentó en el 0.4% en las plantas obtenidas de embriones somáticos y en el 0.3% de las obtenidas de yemas axilares. Las hojas presentaron manchas irregulares en ambas ca-

ras (Abaxial y adaxial) siendo más visibles por el lado adaxial. Generalmente un limbo es pronunciadamente más angosto que el otro y los bordes foliares son deformes y corrugados. Esta variación es transmisible después del cultivo *in vitro* y mantiene su condición variante mediante propagación convencional (Sandoval *et al.*, 1997).

Un estudio similar realizó Côte *et al.* (2000), pero en el cv. Gran Enano (AAA) encontrando dos tipos de variantes en las plantas obtenidas de embriones somáticos durante la fase de aclimatización. El primer tipo relacionado con hojas deformadas o variegadas representando del 0.5-1.3% y el segundo concerniente a hojas dobles siendo de 0.5-2.0%, sin embargo cuando estas plantas fueron llevadas a campo desaparecieron dichas anomalías morfológicas demostrándose que eran producto a cambios epigenéticos.

En las poblaciones objetos de estudio no se encontraron plantas fuera de tipo, tales como: variación enana, gigante, *Grele* (Sandoval *et al.*, 1997). Estos mismos autores señalan que solamente se puede detectar alrededor de un 60% de variantes somaclonales en dicha fase de crecimiento y que es necesario las evaluaciones de estas plantas en campo hasta completar el ciclo de desarrollo por varias generaciones.

Evaluación en condiciones de campo del comportamiento de las plantas obtenidas a partir de embriones somáticos

Las evaluaciones fenológicas después de 6 meses en campo, permitieron determinar diferencias fenotípicas entre las plantas procedentes de embriones somáticos, micropropagación y semillas asexuales.

La frecuencia total de variación en las 1,000 plantas procedentes de embriones somáticos fue de 1.0% y del 0.50 y 0.10% en las micropropagadas y semilla asexual respectivamente (Tabla 1). Este 1.0% es superior a los testigos, pero se considera bajo cuando lo comparamos con los resultados obtenidos por autores como Shchukin *et al.* (1998), en el cv. Gran Enano (AAA) que obtuvo valores entre 1.6-7.9% de variantes somaclonales, siendo el enanismo y el *mosaic-like* las variaciones más frecuentes.

Las variaciones observadas fueron: cambios de tonalidad en la coloración del pseudotallo, enanismo, diferencias de pigmentación de las hojas, dichas variaciones pudieran estar dadas a cambios epigenéticos ocurridos por los efectos del cultivo *in vitro per se*, pues dichos cambios desaparecieron en el segundo ciclo y solo permanecieron dos plantas (0.2%) con crecimiento retardado (enanis-

Tabla 1. Comparación entre plantas obtenidas por embriogénesis somática y organogénesis del cultivar híbrido FHIA-18 (AAAB).

Tratamientos	Largo del pecíolo (cm)	Largo de la hoja 2 (cm)	Ancho de la hoja 2 (cm)	Distancia entre la hoja 2 y 3 (cm)	Altura de la planta (cm)
Embriogénesis somática	1.90	13.85	7.09	1.98	7.33
Organogénesis (yemas axilares)	1.94	13.22	6.68	2.02	6.56
ES	±0.07 n.s.	±0.32 n.s.	±0.19 n.s.	±0.08 n.s.	±0.25*

*Significación para valores de $p < 0.05$, por ANOVA

Tabla 2. Variantes fenotípicas observadas durante el período de floración de la planta madre.

Tipos de variantes	Plantas obtenidas de embriones somáticos	Plantas obtenidas de yemas axilares	Plantas procedentes de semillas asexuales
Cambios en la coloración del pseudotallo.	5.0	1.0	1.0
Plantas con crecimiento retardado.	2.0	-	-
Pecíolos con aletas reforzadas.	-	2.0	-
Cambios en el haz de las hojas.	3.0	2.0	-
Total	10	5.0	1.0
Frecuencia total de variación por Tratamientos (%)	1.0	0.50	0.10

mo) que si se mantuvieron durante todo el estudio en la población de plantas obtenidas de embriones somáticos (Figura 1); todas las demás variantes no se observaron en el segundo ciclo.

Estos resultados concuerdan con los mencionados por Smith y Drew (1990) y Sandoval *et al.* (1997), los cuales constataron también variantes para el caso del enanismo, se mantuvieron después de varios ciclos de establecimiento en el campo.

No obstante las plantas provenientes de embriones somáticos mostraron hábitos de crecimiento similares a las plantas obtenidas de las yemas axilares, en cuanto a la altura de la planta, diámetro del pseudotallo y números de hijos; difiriendo significativamente ambos grupos de plantas provenientes del cultivo *in vitro* de las plantas obtenidas de semillas asexuales durante el período de floración de la planta madre (Tabla 3).

La mayor altura de la planta y el diámetro del pseudotallo es debido al efecto del rejuvenecimiento y saneamiento provocado por el cultivo *in vitro*, siendo esto muy observado en plátanos y bananos (Sandoval *et al.*, 1991; Israeli *et al.*, 1991). El rejuvenecimiento *in vitro* se produce al perder el tejido la señal que poseía de la planta madre, esta pérdida es más rápida a medida que el explante sea más pequeño y se den más subcultivos *in vitro*, manifestándose con un aumento en el vigor fisiológico de determinadas variables agronómicas (Pérez, 1998).

La mayoría de las plantas vía embriogénesis y organogénesis presentaron proliferación de hijos con diferencias estadísticas con respecto a las plantas obtenidas de semillas asexuales. Este comportamiento fisiológico se observó durante el primer ciclo en las plantas provenientes del cultivo *in vitro*. Posiblemente esta proliferación observada en el número de hijos, se debió a un efecto *in vitro*,



Figura 1. Planta obtenida por embriogénesis somática del cv. FHIA-18 con variación tipo enana.

ocasionado por relaciones favorables auxina-citocinina que luego se estabilizan (Sandoval *et al.*, 1991).

Durante el primer ciclo de producción las plantas procedentes de los embriones somáticos mostraron un comportamiento similar al resto de las plantas testigos. En la tabla 4 se pueden observar algunas diferencias estadísticas entre las poblaciones, pero que desde el punto de vista agronómico y para la producción no llegan a ser problemas que afecten la comercialización del producto final.

Tabla 3. Comportamiento en condiciones de campo de plantas regeneradas de embriones somáticos a los 6 meses.

Tratamientos	Altura de la planta (m)	Diámetro del pseudotallo (cm)	Número de hijos
Embriogénesis somática.	2.40 a	51.38 a	6.92 a
Organogénesis	2.43 a	50.80 a	6.32 a
Semilla asexual	1.57 b	36.28 b	4.00 b
ES	±0.04	±0.97	±0.22
CV	21.63%	18.01%	29.3%

*Medias con letras desiguales en la misma columna difieren para $p < 0.05$, según la comparación múltiple basada en la prueba de Dunnett's C y Duncan para el No. de hijos.

Tabla 4. Variables de producción evaluadas durante el primer ciclo (10 meses).

Tratamientos	Número de hojas activas	Área foliar (m ²)	Peso racimo (Kg)	Número de manos	LDC2 (cm)	LDCP (cm)	LDCU (cm)
Embriogénesis somática.	8.72 a	1.11 a	18.55 a	9.36 a	17.30 a	13.88 a	12.58 a
Organogénesis	8.80 a	1.06 a	17.11 a	9.08 a	16.16 a	13.65 a	11.81 a
Semilla asexual.	7.72 b	1.12 a	16.51 b	7.88 b	12.90 b	10.45 b	10.19 b
ES	±0.22	±0.02	±0.38	±0.20	±0.37	±0.23	±0.19
CV	14.23%	13.65%	11.88%	13.71%	17.09%	15.47%	12.15%

*Medias con letras desiguales en la misma columna difieren para p<0.05, según la comparación múltiple basada en la prueba de Duncan y Dunnett's C para peso del racimo, LDC2 y LDCU.

Todos estos parámetros se encuentran en el rango normal para este cultivar descrito por Álvarez (1997) y Orellana *et al.* (1999).

En esta etapa de desarrollo de las poblaciones se encontró algunas plantas que presentaban vestigios florales, autores como Álvarez (1997) también encontraron persistencia de las flores masculinas en un estudio del comportamiento de este cultivar en las condiciones de Cuba, demostrando que es una característica que poseen un reducido número de plantas.

Durante el segundo ciclo de evaluación las plantas provenientes de las tres vías de propagación estudiadas en el presente trabajo presentaron hábitos de crecimiento similares entre ellas, sin diferencias estadísticas en la mayoría de los parámetros morfológicos evaluados (Tabla 5 y 6).

Estos resultados confirman que las diferencias obtenidas durante el primer ciclo entre las distintas poblaciones, se deben a cambios temporales, recuperando luego las características originales del cultivar a partir del segundo ciclo de cultivo.

Tabla 5. Comportamiento en condiciones de campo de plantas regeneradas de embriones somáticos a los 16 meses.

Tratamientos	Altura de la planta (m)	Diámetro del pseudotallo (cm)	Número de hijos
Embriogénesis somática.	3.49 a	73.28 a	4.28 a
Organogénesis.	3.43 a	72.16 a	4.32 a
Semilla asexual.	3.42 a	73.44 a	4.20 a
ES	±0.06	±1.09	±0.22
CV	8.03%	7.46%	26.22%

*Medias con letras desiguales en la misma columna difieren para p<0.05, según la comparación múltiple basada en la prueba de Duncan y Dunnett's C para altura de la planta.

Tabla 6. Variables de producción evaluadas durante el segundo ciclo (20 meses)

Tratamientos	Número de hojas activas	Área foliar (m ²)	Peso racimo (Kg)	Número de manos	LDC2 (cm)	LDCP (cm)	LDCU (cm)
Embriogénesis somática.	8.84 a	1.22 a	19.31 a	10.08 a	17.80 a	13.74 b	11.78 b
Organogénesis	8.20 a	1.19 a	20.00 a	9.56 a	17.38 a	14.64 a	11.89 b
Semilla asexual.	8.84 a	1.24 a	18.79 a	9.72 a	17.94 a	14.34 ab	13.24 a
ES	±0.24	±0.02	±0.43	±0.20	±0.27	±0.22	±0.20
CV	14.23%	11.63%	11.46%	10.39%	7.88%	8.27%	10.00%

*Medias con letras desiguales en la misma columna difieren para p<0.05, según la comparación múltiple basada en la prueba de Duncan y Dunnett's C para peso del racimo, LDC2, LDCP y LDCU.

Los caracteres cualitativos de las plantas obtenidas de embriones somáticos evaluados al final del segundo ciclo de cultivo, coincidieron con las características descritas para el cultivar FHIA-18 por Álvarez (1997). No se observaron plantas susceptibles a Sigatoka negra, ni *Fusarium* durante los dos ciclos de estudio.

En Costa Rica

El vigor (altura y circunferencia del pseudotallo) de las plantas provenientes de la embriogénesis somática, fue menor que las obtenidas vía organogénesis (generación 1: 0,6 y 0,2 m menos en altura y circunferencia, respectivamente; generación 2: 0,3 y 0,2 m) (Tabla 7). Las variables de producción fueron similares, aunque el peso de raci-

mo fue superior en las plantas de organogénesis en ambas generaciones (1,38 y 1,98 kg más) (Tabla 8). Los periodos entre floraciones y entre cosechas, fueron menores en las plantas derivadas de embriogénesis (43 y 13 días menos, respectivamente) (Tabla 9), excepto para el número días de floración a cosecha (días colgando) en cada generación. La floración en las plantas de organogénesis fue alcanzada más lentamente que en las de embriogénesis. En la segunda generación, el momento de la floración en las plantas de organogénesis tardó 66 días más. La mayoría de los raquis de los racimos de ambas vías de regeneración, tenían entre 25 y 75 % de su extensión cubierta con flores remanentes (Tabla 10). No se observó en ninguna planta, anomalías morfológicas que afectaran el racimo.

Tabla 7. Variables vegetativas del híbrido FHIA-18 (AAAB) a la floración

	Planta Madre			Hijo de Sucesión		
	Altura (m)	Circunferencia (m)	No. de Hojas	Altura (m)	Circunferencia (m)	No. de Hojas
GENERACIÓN 1						
Organogénesis	3.2	1.0	13.3	2.6	0.8	9.7
Embriogénesis	2.6	0.8	14.1	2.6	0.7	9.4
somática						
Prueba de T	0.0010	0.0010	0.0010	0.5817	0.2006	0.5396
GENERACIÓN 2						
Organogénesis	3.90	1.1	12.7	2.8	0.9	9.8
Embriogénesis	3.60	0.9	12.0	2.6	0.8	9.7
somática						
Prueba de T	0.0008	0.0001	0.0354	0.0623	0.0092	0.8990

Tabla 8. Variables productivas de plantas del híbrido FHIA-18 (AAAB)

Vía de Regeneración	Peso del Racimo (kg)	Nº de Manos	Grosor del Dedo Segunda (1/33")	Grosor del Dedo Penúltima (1/33")	Grosor del Dedo Última (1/33")	Largo del Dedo Segunda (cm)	Largo del Dedo Penúltima (cm)	Largo del Dedo Última (cm)
GENERACIÓN 1								
Organogénesis	21..95	8.69	47..31	44..81	43..34	18.72	15.56	14.25
Embriogénesis	20.57	8.96	46.04	44.12	42.50	19.12	15.92	14.00
Prueba de T	0.1288	0.2349	0.0020	0.0857	0.0782	0.2865	0.3770	0.4480
GENERACIÓN 2								
Organogénesis	25.41	9.33	47.08	43.67	42.42	20.08	16.92	15.33
Embriogénesis	23.43	9.00	45.00	41.60	40.30	20.20	17.40	15.55
Prueba de T	0.2327	0.6111	0.0204	0.0187	0.0052	0.7842	0.2922	0.6094

Tabla 9. Duración (días) de períodos entre floración y cosechas del híbrido FHIA-18						
Vía de Regeneración	Siembra		Días colgando		Floración 1 a Floración 2	Cosecha 1 a Cosecha 2
	A floración 1	A floración 2	Generación 1	Generación 2		
Organogénesis	266	557	113	121	309	270
Embriogénesis	228	491	137	131	266	257
Prueba de T	0.0010	0.0025	0.0010	0.0032	0.0100	0.3947

Tabla 10. Nivel de cobertura del raquí (flores remanentes)					
Vía de Regeneración	Porcentaje de Ausencia				
	100	75	50	25	0
GENERACIÓN 1					
Organogénesis	5.3	21.0	26.3	36.8	10.5
Embriogénesis	8.3	45.8	4.2	41.6	0.0
GENERACIÓN 2					
Organogénesis	16.6	41.6	16.6	25.0	0.0
Embriogénesis	0.0	30.0	40.0	30.0	0.0



A



B

Figura 2. A.-Racimo de FHIA-18 presentando la retención de flores terminales del fruto y flores femeninas en el raquis (variación morfológica no usual). B.- Racimo sin la retención de flores terminales del fruto

Por su parte Schoofs (1997) señala un número extremadamente alto de tipos anormales (597/600) en plantas de la variedad *Williams* (AAA) deriva-

das de suspensiones celulares; esto parece estar relacionado con la tecnología de los *scalps* donde altas concentraciones del 6-BAP son utilizadas, en

el orden de los 22.52 mg. L⁻¹, pudiendo ser concentraciones muy altas, pues generalmente las concentraciones estándar están entre 0.0-4.5 mg. L⁻¹.

Côte *et al.* (2000), evaluaron en el campo 500 plantas derivadas de suspensiones celulares de Gran Enano (AAA), estas mostraron un comportamiento agronómico similar a las plantas obtenidas de la micropropagación convencional *in vitro* no encontrando diferencias estadísticas en 11 parámetros morfológicos estudiados. En este mismo cultivar Israel *et al.* (2000), encontraron que la tasa de tipos no estándares en las plantas producidas vía embriogénesis somática no fue mayor que la de plantas propagadas por los ápices de los retoños, las variantes más frecuentes que se observaron fueron el enanismo y el tipo mosaico.

Côte (2001), refiere que la edad de la suspensión juega un papel fundamental en la presencia de una menor o mayor variación somaclonal en suspensiones celulares de más de 10 meses de cultivo, obteniéndose plantas con un mayor riesgo de manifestar algún tipo de variación en su morfología, las suspensiones celulares de avanzada edad.

Conclusiones

- La embriogénesis somática en el tetraploide FHIA 18, es una metodología que induce muy bajos porcentajes de variación somaclonal comparado con las plantas obtenidas. La arquitectura de la planta no se salió de la morfología normal de *Musa*. Asimismo, los racimos fueron normales. La excepción la constituye el raquis no desnudo, aspecto de índole menor desde el punto de vista económico-productivo.
- Se corroboró en dicho material su resistencia a la enfermedad de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*). El número de hojas presentes en la planta al momento de la floración, así lo confirma.

Referencias:

- Álvarez JM (1997) Introducción, evaluación, multiplicación y diseminación de híbridos FHIA en Cuba. INFOMUSA 6(2):10-14
- Côte F, Folliot M, Domergue R & Dubois C (2000) Field performance of embryogenic cell suspension-derived banana plants (*Musa* AAA, cv. Grand Naine). Euphytica 112:245-251
- Côte François (2001) Comunicación personal. CIRAD-FLHOR. Montpellier. Francia.
- Israeli Y, Reuveni O & Lahav E (1991) Qualitative aspects of somaclonal variations in banana propagated by *in vitro* techniques. Scientia Horticulturae 48:71-88
- MINAGRI (1991) Instructivo Técnico del Plátano. La Habana. 50 p.
- Murashige T & Skoog F (1962) A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol Plant 15:473-497
- Okamoto A, Kishine S, Hirosawa T & Nakazono A (1996) Effect of oxygen-enriched aeration on regeneration of rice (*Oryza sativa* L.) cell culture. Plant Cell Reports 15:731-736
- Orellana P (1994) Tecnología para la micropropagación *in vitro* de clones de *Musa* ssp. Tesis para aspirar por el grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. UCLV. IBP. Santa Clara. 120p.
- Orellana P, Alvarado P, Guijarro JM, Pérez J, Pérez L, Rowe P, Moreno E, Clavero J, Romero C, & Hernández A (1999) Introducción y validación de híbridos tetraploides de *Musa* en Cuba. CORBANA 24(51):79-84
- Reuveni O & Israeli Y (1990) Measures to reduce somaclonal variation *in vitro* propagated bananas. Acta Horticulturae 257:307-313
- Sandoval J, Tapia A, Muller L & Villalobos A (1991) Observaciones sobre la variabilidad encontrada en plantas micropropagadas de *Musa* cv. Falso Cuerno (AAB). Fruits 46(5):533-539
- Sandoval JA, Pérez L & Côte F (1997) Estudio morfológico y de la estabilidad genética de plantas variantes de banano (*Musa* AAA cv. Gran Enano). CORBANA 22(48):41-60
- Sannasgala K (1989) *In vitro* somatic embryogenesis in *Musa* spp. Thesis Ph.D. K.U. Leuven, Belgium. 172p.
- Schoofs H (1997) The origin of embryogenic cells in *Musa*. Thesis Ph.D. K.U. Leuven, Belgium. pp. 257
- Shchukin A, Ben-Bassat D & Israeli Y (1998) Somaclonal variation and horticultural performance of Grand Nain bananas multiplied via somatic embryogenesis or shoot-tip culture. Abstracts in IX international congress on plant tissue and cell culture. Jerusalem, Israel.
- Smith M & Drew R (1990) Growth and yield characteristics of dwarf off-types recovered from tissue-cultured bananas. Australian Journal of Experimental Agriculture 30:575-578.

Biotechnologies toward the genetic improvement in *Musa*

Jean-Vincent Escalant¹ and Bart Panis²

E XECUTIVE SUMMARY

Important progress has been made in the genetic improvement of *Musa* in recent years and new varieties are now becoming available from breeding programmes. This paper provides a summary of the current status of *Musa* improvement and provides information on the results to be expected in the short to medium term.

It is clear that there is a growing interest in *Musa* improvement and research efforts are focused not only on Cavendish, but also on the other major groups of bananas and plantains. However, considering the global importance of the crop, the number of *Musa* breeding programmes in existence remains small. Despite this, research is progressing both in the areas of conventional breeding and in the use of genetic transformation technologies. Technologies that can help to increase the efficiency of breeding, such as tissue culture and embryo rescue are routinely used by most breeding programmes, while research on the use of molecular markers as a breeding tool and the molecular characterisation of germplasm is advancing. The creation of new types using somaclonal variation is also being employed by some programmes.

A mechanism for collaboration and information exchange between researchers involved in *Musa* genetic improvement has been put in place in the form of PROMUSA, the Global Programme for *Musa* Improvement. This has allowed the global prioritisation of research needs and the acceleration of progress through the formation of synergistic partnerships.

Conventional Breeding

The major breeding programmes using conventional breeding methodologies are located

at the Fundacion Hondurena de Investigacion Agricola (FHIA) in Honduras, the Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD-FLHOR) in France and Guadeloupe, the International Institute of Tropical Agriculture (IITA) in Nigeria and Uganda, the Centre de Recherches Régionales sur Bananier et Plantain (CARBAP) in Cameroon and the Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA) in Brazil.

The breeding strategy first developed by FHIA, and now adopted by other programmes, is based on the production of improved diploids. These diploids possess useful resistance characteristics introduced from wild sources in an improved genetic background. The improved diploids are then used as male parents in crosses onto the desired triploid as female parent. Using this system, FHIA has produced a number of improved tetraploid hybrids, the first of which are now widely distributed and are starting to be adopted by farmers in some countries. The improved diploids developed by FHIA are now being used for the improvement of many different types of bananas including dessert varieties, plantains, cooking bananas and East African highland bananas. The main constraints of this breeding strategy are the very low levels of fertility in the desired female parents and the possibility that the residual fertility in the tetraploid progeny could lead to seed-bearing fruit under certain circumstances. To overcome this latter constraint, efforts are now focused on the production of secondary triploids.

A different breeding strategy for the production of improved triploids is being developed by CIRAD-FLHOR and CARBAP. This is based on the application of colchicine for doubling the

1. International Network for the Improvement of Banana and Plantain (INIBAP), Parc Scientifique Agropolis II, 34397 Montpellier Cedex 5, France
2. Laboratory of Tropical Crop Improvement, Catholic University of Leuven, Kasteelpark Arenberg 13, B-3001 Heverlee, Belgium

chromosome number of desired diploids, which are then used in tetraploid x diploid crosses for the production of triploids.

Improved varieties incorporating disease resistance have been produced by all the major breeding programmes and these have been supplied to INIBAP for testing in the International *Musa* Testing Programme (IMTP). These include:

FHIA	Sweet varieties (FHIA-02, FHIA-17, FHIA-23, SH-3640)
	Sweet-acid (FHIA-01, FHIA-18)
	Cooking (FHIA-01, FHIA-25)
	Plantain (FHIA-21)
IITA	Cooking (BITA-2, BITA-3)
	Plantain-type (PITA 16)
CARBAP	Plantain-type (CRBP-39)
CIRAD	Dessert (IRFA-911, IRFA 904)
EMBRAPA	Sweet-acid (PA-03-22, PA 12.03, PV 03-44, PV 42-320, PV 42-53, PV 42-81)

The main constraint to the distribution of improved varieties is Banana Streak Virus. Certain hybrids (particularly plantain hybrids) from FHIA, IITA, CARBAP and CIRAD have been found to be positive for this virus when tested by INIBAP's Virus Indexing Centres (VICs) and are therefore not available for distribution. Research is ongoing to address this problem.

Mutation Breeding

Mutation breeding is being carried out at the Taiwan Banana Research Institute and Cavendish-type variants with resistance to race 4 of *Fusarium* wilt have been identified. Four such accessions have been provided to INIBAP (GCTCV-247; GCTCV-106, GCTCV-215 and GCTCV-119).

Genetic transformation

Genetic transformation of bananas is now a routine at a number of institutes around the world. These are: Katholieke Universiteit Leuven (*K.U.LEUVEN*) Belgium; Queensland University of Technology (QUT) Australia; DNA Plant Technology Corporation (DNAP), USA; and ZENECA, UK. Two main methodologies are being used. These are particle bombardment and *Agrobacterium*-mediated transformation. The latter technique is considered to hold the greatest potential as it allows the insertion of larger pieces

of DNA and results in fewer insertion sites and fewer gene copies. Transient and stable expression of introduced genes has been observed in a range of cultivars, including Williams and Grande Naine (AAA Cavendish), Three-hand Planty, French Sombre and Currare (AAB plantain), Bluggoe, Cardaba and Monthan (ABB cooking banana), Pisang Rasthali (AAB, sweet-acid).

Banana plants have been transformed with genes coding for anti-fungal proteins (*KULEUVEN*, DNAP and ZENECA), genes for resistance to banana bunchy top and banana bract mosaic viruses (QUT), and genes controlling the ripening process (DNAP and ZENECA). Testing of plants transformed with anti-fungal and virus-resistance genes has so far been confined to the greenhouse at *KULEUVEN*, but field tests have been started by ZENECA in Honduras and by DNAP in Costa Rica and Mexico.

Future prospects

New generations of products are expected to contribute to an increased production of bananas in an environmentally-friendly way.

Both breeding programmes and recombinant DNA strategies require detailed knowledge related to the genetics and genomics of the bananas. Therefore, the quality of the products and their availability for farmers will depend on both the improvement strategy and the progress made on genetics and genomics.

Different types of products can be distinguished: tetraploid and triploid hybrids with resistance to pests and diseases, and actual cultivars whose resistance or tolerance to pests and diseases have been enhanced using foreign genes or banana-derived genes.

However, these hybrids are only another step waiting for the expansion of the knowledge required to reconstruct the actual triploid varieties. The development and the implementation of different biotechnology tools could allow the actual cultivars to be reconstructed with new resistance to the main pests and diseases.

The need to introduce a wider genetic base to breeding has been recognised, together with the need for a better understanding of the *Musa* genome at both molecular and karyological level. Efforts are ongoing to address these issues, particularly in the framework of *PROMUSA*. In this

respect, a *Musa* genomics consortium has been formed in order to increase collaboration in genomics research. Genetic mapping is already ongoing using molecular techniques such as RFLPs, AFLPs and microsatellite markers. Complementary research is being carried out to establish a physical map of the *Musa* genome. Several segregating populations are being established in support of this work. These efforts will allow the identification of specific genes of interest (pest and disease resistance etc.). This, together with improved techniques that are now available for classical breeding and genetic transformation will mean an increase in the production of improved varieties in the short to medium term.

INTRODUCTION

Banana and plantain productions are severely threatened by several pests (nematodes and weevils) and diseases (Leaf spot diseases, bacterial wilt etc.).

Besides the fact that *Musa* is a powerful model for plant genomic studies, it is also one of the most important staple food crops in the developing world and an important source of income for millions of poor in the humid tropics as illustrated by the following: Bananas are the developing world's fourth most important food crop (after rice, wheat and maize). Banana grows in more than 100 countries throughout the tropics and sub-tropics. Bananas as a crop, consist of a wide range of varieties, including both cooking and dessert types. Plantains, which are a specific type of cooking banana found mainly in West Africa and Latin America, are included within the banana group. Annual world production is around 88 million tonnes, of which around a third is produced in each of the African, Asia-Pacific and Latin American and Caribbean regions. Around 87% of all the bananas grown worldwide are produced by small-scale farmers for home consumption or for sale in local and regional markets. Bananas provide a staple food for millions of people, particularly in Africa, an area where the green revolution has had little influence. They are an important food security crop, providing a cheap and easily produced source of energy. In addition, they are rich in certain minerals and in vitamins A, C and B6. Bananas will grow in a range of environments and produce fruit year-

round, thus providing a source of energy during the 'hungry-period' between the harvests of other crops. This crop are particularly suited to intercropping systems and to mixed farming with livestock. Due to their suitability for production in backyard systems, bananas are also an important component of periurban agriculture.

Bananas and plantains are difficult crops to breed because most of the important and popular varieties are highly sterile and therefore do not produce seeds. Furthermore, compared to many other important food crops, there is a relative lack of knowledge on *Musa* genetics and cytogenetics. Despite these constraints, important progress has been made in the genetic improvement of *Musa* in recent years and new varieties are now becoming available from breeding programmes. Major breeding programmes that use conventional breeding methodologies, are located at the Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) in Honduras, the Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD-FLHOR) in France and Guadeloupe, the International Institute of Tropical Agriculture (IITA) in Nigeria and Uganda, the Centre Africain de Recherches sur Bananier et Plantain (CARBAP) in Cameroon and the Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA) in Brazil.

The first breeding strategy developed by FHIA, and now adopted by other programmes, is based on the production of improved diploids. These diploids are then used as male parents in crosses onto the desired triploid as female parent. The improved diploids developed by FHIA are now being used for the improvement of many different types of bananas including dessert varieties, plantains, cooking bananas and East African highland bananas. The main constraints of this breeding strategy are the very low levels of fertility in the desired female parents and the possibility that the residual fertility in the tetraploid progeny could lead to seed-bearing fruit under certain circumstances. To overcome this latter constraint, efforts now focus on the production of secondary triploids. A different breeding strategy for the production of improved triploids is being developed by CIRAD-FLHOR and CARBAP. It is based on the application of colchicine for doubling the chromosome number of desired diploids, which are then used in tetraploid x diploid crosses

for the production of triploids.

However, despite natural difficulties in breeding bananas, the main constraint in the current distribution of improved varieties is the occurrence of Banana Streak Virus (BSV). Certain hybrids (particularly plantain hybrids) from FHIA, IITA, CARBAP and CIRAD have been found to be positive for this virus and are therefore not available for distribution. There is growing evidence that integrated BSV sequences could be the source of episomal infectious BSV particles in a wide range of *Musa* genotypes, including most hybrids that have been bred for disease resistance, improved yield or fruit quality. It was therefore proposed that episomal viral genomes could arise from integrated BSV sequences through a complex recombination pattern (Ndowora et al., 1999). So far, all screened interspecific hybrids harbouring the B genome were found to contain integrated activable BSV sequences.

Therefore, high priority is given to all research that is related to the comprehension of the mechanisms involved in the BSV integration and expression. It is clear that there is a growing interest in *Musa* improvement, and the research efforts focus not only on Cavendish, but also on the other major groups of bananas and plantains. However, considering the global importance of the crop, the number of current *Musa* breeding programmes remains small. Despite this, research is progressing both in the areas of conventional breeding and in the use of genetic transformation technologies. Technologies that can help to increase the efficiency of breeding, such as cytology, tissue culture and embryo rescue are routinely used by most breeding programmes, while research on the use of molecular markers as a breeding tool and the molecular characterisation of germplasm is advancing. Several programmes are also employing the creation of new types using induced somaclonal variation.

The dramatic advances in biotechnology of the past 2 to 3 decades have already had a substantial impact on many aspects of the genetic improvement of *Musa*. Tissue culture, genetic engineering and mutation are now used routinely in several laboratories around the world. The developments in molecular genetics transform many aspects of either conventional or non-conventional genetic improvement. There is a

growing demand for sources of resistance to pest and disease, as well as for genes that play a role in the determination of bunch characteristics (quality and quantity). Breeders and biotechnologists therefore urgently need to increase their understanding of the genetics of *Musa* in order to be able to exert control over the inheritance of desirable traits.

However, despite the attention to *Musa* improvement research has increased in recent years, bananas and plantains remain under-researched crops, especially taking into account their global importance as a staple food. INIBAP believes that through building collaboration and developing synergistic partnerships, research output can be maximised and the impact of ongoing efforts will be accelerated. This focus has resulted in the establishment of PROMUSA, a global programme for *Musa* improvement.

PROMUSA operates through a system of working groups, each addressing a particular constraint area, but all with a specific focus on the genetic improvement of *Musa*. Participants in the working groups have established priorities at the global level for the activities required in order to develop new varieties resistant to nematodes, Fusarium wilt (Panama disease), leaf spot diseases and viruses.

In the framework of PROMUSA, those institutions around the world that are already involved in the development of new varieties and/or the development of the modern molecular biology tools are brought together. In this way, complementary and multi-disciplinary approaches, aiming to accelerate the production of alternative varieties, are developed.

STATE OF THE ART

Different improvement strategies are being used to develop new resistant varieties of *Musa*. Strategies differ according to the level of ploidy, the quality, the type and the level of the resistance of the product developed, they can also differ according to the different methods used either modern or more conventional.

The objective of this paper is to give a broad overview of the current progress in the development and uses of biotechnologies for the genetic improvement of *Musa*. The paper is divided into two sections; the first section focuses on the

global programme for *Musa* improvement (PROMUSA), while the second section addresses biotechnologies on *Musa*.

A global programme for *musa* improvement (PROMUSA)

The Global Programme for *Musa* Improvement focuses specifically on genetic improvement and supportive research. Priority is given to research that has a global or regional significance.

PROMUSA is an innovative mechanism to strengthen collaboration and information exchange between researchers involved in *Musa* genetic improvement. The global programme builds upon existing achievements and is based upon ongoing research initiatives. PROMUSA is therefore a mechanism to further maximise the outputs and accelerate the impact of the overall *Musa* improvement effort (PROMUSA, 1997).

PROMUSA operates as a consortium and relies on a range of funding mechanisms. Decisions are based on scientific priorities identified by programme participants and based on users needs. The global and regional *Musa* evaluation programme plays a major role in this regard, providing a mechanism for the two-way exchange of information between NARS and research and breeding programmes.

Decision making within PROMUSA follows a 'bottom-up' approach and participating scientists

are fully involved in this process.

The major thrust of PROMUSA is to develop a wide range of new banana hybrids suitable for production by banana growers' worldwide. The programme brings together conventional breeding based on hybridization techniques and genetic engineering and biotechnological breeding approaches. This broad-based genetic improvement effort is supported by research that is carried out on specific pests and diseases within the various PROMUSA working groups. An efficient mechanism for evaluating new varieties produced within the framework of PROMUSA is also an essential component of the programme.

Partners in the programme are expected to contribute in-kind their own research and, in addition, the programme seeks further resources in order to address priority research needs, as identified by the programme partners.

PROMUSA's organizational structure is simple and efficient in order to ensure that maximum support is maintained for research activities (Figure 1).

Biotechnology applied to genetic improvement of *Musa*

The term 'Biotechnology' includes an impressive number of tools. In the framework of this paper, it is impossible to discuss all of them in detail.. Biotechnology can be defined as as a set of

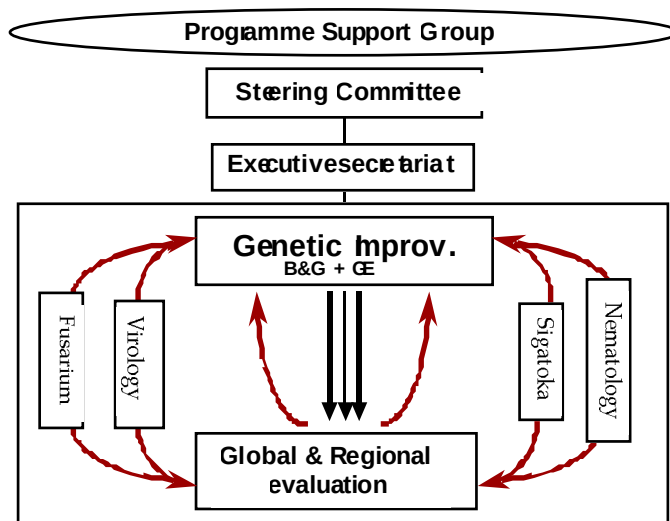


Figure 1: Structure of PROMUSA

tools to the use of living cells for the production of goods and services. As such it also covers the use of fermentation to produce cheese, beer and wine, already used since the Neolithic period.

A first step towards 'modern plant biotechnology' was the development of different tools that can be grouped under the umbrella of '*In Vitro* Tissue Culture'. These techniques allow the development of an entire plant from a single cell isolated either from somatic or gametal tissues: micropropagation, cell suspension, protoplasts and somatic embryogenesis.

With the development of techniques that made it possible to isolate and identify DNA in a laboratory, leading to the unravelling of the genetic backbone of plants, biotechnology now covers a continuously increasing number of disciplines.

Therefore, we prefer to talk about 'biotechnologies' rather than biotechnology.

Biotechnology (since you do not use the term biotechnologies, would it not be better to skip the previous sentence?) already plays a major role in *Musa* improvement. This paper focuses on the progress and results in areas of Tissue Culture, Molecular biology, recombinant DNA and genomics applied to the genetic improvement of *Musa*.

Molecular Genetics

The oldest *Musa* breeding strategy uses the (degenerated?) remaining female fertility of triploid clones of interest and combine this with the high fertility of the wild diploid ancestors. This strategy allows obtaining tetraploids hybrids whose resistance to disease such as black Sigatoka is enhanced. Also, Improved diploids can be obtained through such breeding programmes. These can be used as parental lines. This strategy, however, has its limitations because of the rare and low fertility of the triploid parents. The development of biotechnologies has allowed a new strategy aiming at creating triploids hybrids from ancestral diploid materials. This strategy relies on the improved knowledge of *Musa* genetic resources and of phylogenetic links between ancestral and present varieties.

The taxonomic structure of *Musa* species was complex until recently and was principally based on morphological descriptors (IPGRI-INIBAP/

CIRAD, 1996). However, with the introduction of molecular tools like flow cytometry, molecular markers and *In Situ* hybridisation (ISH), unravelling phylogenetic links and will be greatly enhanced

When differences in DNA occurs within genes, the differences have the potential to affect the function of the gene and hence the phenotype of the individual. At certain sites along the chromosome the sequence would vary between individuals. These sites where the difference in DNA occur, are known as DNA polymorphisms (I am no molecular biologist, but I believe that this is the correct term). When such a polymorphism can be used to distinguish individuals, a groups of individuals, species, even of systematic groups, they are called Molecular markers. They are extremely useful for individual and varietal identification, the establishment of phylogenetic relationships, population genetics and for marker assisted selection (MAS). The major advantage is that Molecular markers relate directly to the plant's genotype rather than its phenotype. There are different types of molecular markers and most of them have already been applied on *Musa*.

The development of molecular markers and marker assisted selection methods improved the characterization of the different *Musa* accessions around the world. Different types of molecular markers have been applied on *Musa*, such as: Restriction Fragment Length Polymorphism (RFLP), Amplified Fragment Length Polymorphism (AFLP) based on PCR amplification of selected restriction fragments and microsatellites that have as major advantage that many different 'alleles' are screened.

Modern bananas can be classified as dessert and cooking type, they have a variable level of ploidy from diploid to tetraploid but the majority of the bananas consumed are triploid. They are natural combinations of A and B genomes issued from natural hybridisation between two wild diploid species, *Musa acuminata* and *Musa balbisiana* respectively. To review and complete the morphotaxonomic structuring of the *Musa* complex, the following techniques were used: flow cytometry to measure the DNA content (Dolezel, 1994) and molecular markers for cytoplasmic (chloroplastic, mitochondrial) and nuclear DNA (Careel et al. 1994). RFLP markers, which are normally co-dominant, have been used to confirm

the *Musa* classification and to amend the genome formula and sub-species/subgroup classification of some varieties. They have been used as markers to determine the transmission of cytoplasmic DNA; Moreover, subspecies specific alleles could be described, providing a powerful tool for phylogeny studies in *Musa* (Carreel et al. 1994). These markers are also the first anchor-markers developed for gene mapping and Quantitative trait loci (QTL) identification (Faure et al. 1993). The use of Randomly Amplified Polymorphic DNA (RAPD) is a very fast way to obtain information about genetic variation. The technique centered on the polymerase chain reaction (PCR) has been widely applied on *Musa*. As such, discrimination of the genomic composition of *Musa* triploids has been possible, together with varietal identification (Kaemmer et al. 1992; Howell et al. 1994; Bhat et al. 1995a). RAPD has also been used to study patterns of diversity amongst germplasm collections from different geographic regions such as the Indian subcontinent (Bhat et al. 1995b). Radiation-induced mutants have also been identified (Kaemmer et al. 1992), and genetic instability monitored. For instance, markers associated with dwarf off-types could be distinguished (Damasco et al. 1996) and general levels of somaclonal variation assessed in tissue culture-derived planting material of plantains (Ford-Lloyd, personal communication). Along with other types of markers, RAPD has been used for the development of linkage maps of diploid bananas (Faure et al. 1993).

Several microsatellite-derived markers (Sequence-Tagged Microsatellite Sites, STMS) have been developed for *Musa* and are now routinely used to check and refine the classification of the international *Musa* germplasm held at INIBAP Transit Center (ITC) in Belgium. Molecular markers such as AFLP and microsatellites are also very useful to study the genetic diversity and evolutionary relationships in *Musa* (Gawel et al., 1992; Lanaud et al. 1992; Kaemmer et al. 1996). AFLP markers have been useful to separate different sections of the *Musa* genus. For example, the section *Rhodoclamys* ($x=11$) appeared as a distinct unit more closely *EuMusa* ($x=11$) than *CalliMusa* and *AutsraliMusa* sections (M. Pillay, personnel communication). AFLP and microsatellite markers can also be very valuable to discriminate

accessions belonging to different genomic groups (AA, BB, AAB and ABB). Also, AFLP was applied in banana (*Musa* spp.) to distinguish dwarf clones from normal type individuals (Engelborghs et Swennen, 1999). This application could be of a great interest to detect dwarf types at an early stage during the production of Tissue Culture plant at industrial level. Molecular markers can also be used to study the relationship between different clones and thus can be very useful in the establishment of lineage between and within wild clones and the diploid and triploid cultivars. This will be directly used by breeding programmes in the selection of parent lines to create new hybrids with additional desirable resistance traits to pest and diseases, thus fruit characteristics are maintained very closely to the current standards.

Molecular markers can be cloned, sequenced and mapped to specific chromosomal locations. These maps can be used together with specific crosses to link useful characters to markers and thus to specific chromosomal regions. Such quantitative traits loci (QTL) have already been identified in other crops for traits such as yield and disease resistance.

Closely linked markers flanking both sides of the genes could be identified in many cases. Such closely linked markers can be used as starting point for the isolation of genes using the map-based cloning approach. These markers can also be used as selection criteria in breeding programs to monitor the transfer of the genes, which is referred to as marker-assisted selection (MAS).

Molecular cytogenetics will also lead to a better understanding of the chromosome structure and karyotype variation with the *Musa* genus. *Musa* is characterised both by geographical isolation and the frequent occurrence of asexual propagation, which could favour the diversification of genome size. Flow cytometry is a rapid and very convenient technique that allows accurate determinations of nuclear DNA content. The analysis is based on the measurement of the fluorescence intensity of stained nuclei (Dolezel, 1994). The application of this technique to study the extent of nuclear DNA content variation in different *Musa* accessions that represent different groups and sub-groups of the current system of classification showed a high resemblance with the accepted classification of the genus *Musa* (Lysák et al. 1999).

Genomics

The newly available genomics technologies, which cover the analysis and sequencing of all DNA, its genes, their expression, recombination and diversity, can now be applied directly to the sustainable improvement of bananas (Strategy for the global *Musa* genomics consortium, 2001).

In the short term, the development of molecular markers and marker-assisted selection (MAS) methods will without doubt improve the efficiency of selection of improved cultivars for defined traits such as pest and disease resistance, abiotic stress tolerance, quality and post-harvest fruit characteristics. The genetic maps now under construction will improve selectability of quantitative traits such as yield, and also allow better selection of parents for breeding programmes. Because the effect of the environment on the pattern of the expression of the genome is not known, the development of new and more markers should facilitate the study on how a particular genotype could respond to a specific situation and therefore to predict if a particular genotype is more or less adapted.

In the medium term (5 to 10 years), breeding should provide new varieties. Gene isolation and the analysis of mutants will allow characterization of critical alleles of genes of agronomic value and the relevant regulatory sequences. Transgenic approaches will offer the potential for direct transfer of these genes into current triploid cultivars, avoiding the difficulty of reconstructing already satisfactory varieties from crosses between unimproved and minimally selected lines.

High-throughout technologies are critical to major genomics programmes, enabling identification of all genes and gene functions in a species. While relatively expensive to set-up, because all genes are characterized in parallel the per-gene costs are substantially lower than the cost for isolation of particular targeted genes. Furthermore, there is no cost of 'failure' to isolate a particular gene, errors are less likely, work in particular genome regions is not duplicated between laboratories, and the inherent systematic approach means genes are not missed in the assay.

The first genetic map on banana, based on a wild segregating population (shared within PROMUSA) is currently being constructed at CIRAD using molecular markers such as RFLP,

AFLP and microsatellites (STMS)). Complementary work is ongoing at the Queensland Department of Primary Industries (QDPI, Australia), where the work is mainly focused on the identification of genes coding for resistance to Banana Fusarium wilt. However, both genetic maps rely on the development of different segregating populations for the genes of interest. New populations are now being created by CIRAD-FLHOR. These will be further developed and evaluated in the framework of PROMUSA. populations for three different characteristics are expected: segregating for nematode resistance, Sigatoka resistance and parthenocarpy

Complementary activities are being developed to establish a physical map on banana using GISH, FISH, fiber-FISH, PRINS and chromosome-painting. The *in situ* hybridisation (ISH) technique allows genes or DNA sequences to be directly localised on chromosomes in a cytological preparation. Fluorescent *in situ* hybridisation (FISH) allows hybridisation sites to be visualised directly and several probes can be simultaneously detected with different fluorochrome, allowing the physical order of the chromosomes to be determined. Genomic *in situ* hybridisation is a genomic painting technique that allows distinguishing parental genomes in interspecific hybrids. As already mentioned before, molecular markers have been widely used since 1992 to analyse the evolution of *Musa*. In contrast to the progress in the analysis of the nuclear genome at the molecular level, the knowledge of the genome at the chromosomal level remains poor and recent (Osuji et al., 1998; Dolezelová et al. 1998; D'hont et al., 2000). The ability to identify individual chromosomes and examine any reorganization, as well as their correlation with marker genes, is extremely valuable for plant breeding. Molecular cytogenetic techniques involving *in situ* hybridisation of DNA sequences have proved to be a valuable method to gain a deeper insight into the genome.

Two methods are currently available for physical mapping of *Musa* DNA sequences on chromosomes *in situ*. The application of FISH on spread chromosomes from diploids species (A and B genomes) and diploids, triploids and tetraploids cultivars (A and B genomes: AA, AAA, AAB, ABB and AAAB) showed a single 18S-25S major intercalary rDNA site on the short arm of the

nucleolar organizing chromosome in each diploid genomes (AA and BB). No minor sites was detected. However, variability in the number of these intercalary sites has been demonstrated within different genotypes with 3 sites and 4 sites in triploids and tetraploids respectively (Osuji et al. 1998). The same work on the 5SrRNA region genes allows the induction of a reproducible signal with a variation in the number of 55 sites according to the genotypes (Dolezelová et al. 1998). The use of GISH in interspecific hybrids of *Musa* allowed to differentiate the chromosomes of the four different genomes involved, *Musa acuminata* (A), *Musa balbisiana* (B), *Musa Schizocarpa* (S) and *AustraliMusa* (T). The analysis of clones differing in their genomic constitution made it possible to confirm their current classification based on morphological descriptors (D'hont et al., 2000; Osuji et al., 1997).

New methods are already being tested on *Musa* at the Institute of Experimental Botany (IEB) in the Czech Republic (Kubaláková et al., 1998). Primed *in situ* labelling (PRINS) of nucleic acids was developed on plant as an alternative to traditionally used FISH. Compared to FISH, PRINS is faster and does not require preparation of labelled probes. PRINS is an alternative to FISH where unlabelled oligonucleotides hybridised to the target sequence serves as primers for chain elongation *in situ* catalysed by a DNA-polymerase in the presence of labelled nucleotides (Koch et al. 1998). A combined use of the PRINS and FISH procedures allowed the localization of two repetitive DNA sequences on chromosomes or interphase nuclei (Kubaláková and Dolezel, 1998).

BAC and EST libraries are already available for *M. acuminata*. A new BAC library for *M. acuminata* is now being developed in the framework of the Agropolis Advanced Research Platform at Montpellier, France. This work is being executed at CIRAD by a researcher from EMBRAPA. on the mapping of *Musa acuminata* translocation break points implementing on banana, molecular cytogenetic methods such as *in situ* hybridisation using BACS as probes.(needs to be reformulated) A BAC library of *M. balbisiana* is also being developed at IEB in the Czech Republic. This project aims at producing an ordered large-insert banana B-genome library, which will be highly complementary with the BAC library on A-genome.

The plant genes that are expressed can be catalogued by sequencing expressed sequence tags (ESTs) or complementary DNA (cDNA). There are about 130,000 plant ESTs available in public databases from 19 plant species like *Arabidopsis*, rice, tomato, maize, soybean, cotton, and loblolly pine, which offers an efficient method for gene discovery in these plants. A comparison of EST databases from different plants, tissues and conditions reveals the diversity in coding sequences between plants. At the same time, however, it provides a global perspective of the similarities in genes for specific processes, such as ripening, or conditions, such as the induction of pathogens. A sequence similarity analysis using bioinformatics tools permits the assignment of probable gene function and the identification of genes similar between species. However, elucidating their exact function still requires experimental approaches.

The existence of several somatic mutants in *Musa*, resulting from vegetative propagation (somaclonal variation), irradiation or treatment with chemical mutagenic agents, creates a resource of potential value for functional genomics (relating gene sequence to function), and also for the study of evolutionary mechanisms.

Several additional segregating populations are being established in support of the *Musa* genomic initiative. These efforts will allow the identification of specific genes of interest (pest and disease resistance etc.).

Genetic improvement of *Musa* through non-conventional approaches

In *Musa* as in most of the crops, improvement through breeding methods requires crossbreeding of elites followed by the selection in their progeny of the best individuals. Since a very wide range of varieties of bananas and plantains are grown worldwide, each adapted to a specific ecoregion and selected for specific eating or cooking qualities, a similarly wide range of improved varieties is required. Biotechnologies involve different tools whose application in *Musa* genetic improvement can accelerate and facilitate the development and selection of the most suitable materials. Requirements can be very different and depend from one region to another due to the high diversity

of the bananas and plantains varieties cultivated around the world together with the different biotic and abiotic constraints linked to their production. Genetic engineering allows the transformation of single genes or gene combination from the genome of the source organism directly into the desired variety.

Recombinant DNA on *Musa*

In a complementary approach to *Musa* breeding programmes, biologists and geneticists have developed techniques for the isolation and insertion of genes for desirable traits. The technique of recombinant DNA is of special interest for *Musa* improvement because many of the cultivars that are currently preferred are sterile. Several steps using both molecular and cellular biology techniques are involved in producing genetically modified banana plants.

- Traits must be chosen and the gene(s) encoding the trait identified.
- The functional gene must include regulatory regions in order to be correctly expressed in the plant.
- The isolated gene may be transferred directly (Particle gun) or inserted into a vector (*Agrobacterium tumefaciens*).
- Successful transformation is obtained provided the gene sequences introduced into the plant cell are inserted into the plant genome, expressed and maintained throughout subsequent cell divisions.
- The transformed cells must then be regenerated into whole plants.
- Finally, the behaviour of the genetically modified plants must be evaluated under field conditions.

Gene discovery race

The most common practice in order to find new genes is relying on map-based cloning. As such, molecular markers that are closely linked to genes of interest can serve as the starting point for cloning the genes. It is expected that the process of gene isolation using this approach will be greatly accelerated by the advances of the international efforts in DNA sequencing. It is most likely that all the genes that are accurately mapped with closely linked markers can be quickly isolated with the availability of the sequence information. The recent

development in DNA-chip technologies may also provide a powerful tool for large-scale isolation of new genes in the near future (Lemieux, Aharoni, and Schena 1998). The development of the Global *Musa* Genomics consortium should accelerate the availability of functional genes of *Musa* in the next decade (The Global *Musa* genomics consortium, 2002).

However, alternative strategies are used in the improvement of the resistance to pest and diseases of different *Musa* cultivars.

Plants possess their own systems of defence against pathogens that include several proteins and other organic molecules. These are produced prior to infection or during the pathogen attack. Recombinant DNA technology allows the enhancement of inherent plant responses against a pathogen by either using single dominant resistance genes that are normally not present in the susceptible plant (Keen 1999) or by choosing plant genes that intensify or trigger the expressions of existing defence mechanisms. What is useful in one plant/pathogen system may be transferred to another, increasing the recipient plant's ability to defend itself from a previously uncontrollable pathogen.

The recent identification and isolation of a broad range of genes encoding different classes of proteins (Antifungal protein genes) with activity against phytopathogenic fungi has opened the way to engineer fungus resistance into plants. Initial positive results have already been obtained by expressing these genes in model as well as crop plants. At K.U.Leuven (Belgium) large numbers of transgenic plants have been regenerated after particle bombardment of embryogenic cell suspensions with several chimaeric genes encoding antifungal peptides originally found in various plant seeds. Selected lines will be tested for resistance to *Mycosphaerella fijiensis* (black Sigatoka) and *Fusarium oxysporum* (Panama disease) under greenhouse and field conditions (Sagi et al. 2000).

Plant lectin genes have been engineered into recipient plants to prevent infection by pathogenic nematodes (Burrows et al. 1998). At K.U.LEUVEN, research focuses on testing potential nematode resistance genes (such as lectins) that are expressed in transgenic *Arabidopsis*. Different lectins and related genes (GNA, EPA, APA, Calsepa, Banlec, IRIP and SNLRP) have been selected. Each of these

genes, driven by the constitutive CaMV35S promoter has previously been introduced in *Arabidopsis thaliana*. The molecular analysis and infection of these already available plants with banana nematodes allows an early evaluation of these genes without the need to specially produce transgenic bananas. The use of these lines in subsequent in vitro nematode tests may reveal possible anti-nematode activities and may guide towards the selection of one or more lectin / RIP genes for banana transformation.

Another strategy to increase resistance to nematodes consists in the use of plant cystatin genes. Cystatins are naturally occurring proteinase inhibitors used by plants as a defence against insects and pests. For example, rice cystatin is naturally found in rice grains and forms part of the human diet. Female cyst-nematodes isolated from cystatin-expressing plants show a reduced level of intestinal cysteine proteinase activity. Cystatin works against nematodes by preventing them from properly digesting their food from plant roots, making them unable to reach their egg laying size. A key feature is that cystatins are effective against a wide range of nematodes. At John Innes Centre, UK, nematode resistant rice and potato have been developed by the introduction of sunflower and modified rice cystatin genes. The gene product can be confined to the plant roots by linking the gene to a root-specific promoter. This ensures that the gene product is not present in the edible plant parts and will only be present in the plant roots where it can specifically target nematodes. In UK, the cystatin strategy has been successfully developed to increase nematodes resistance on potatoes (Urwin et al. 1995) and rice (Vain et al, 1998). The same strategy is now being developed on East African Highland banana.

Genes coding for resistance to various insects have been identified in many crop species and their wild relatives. An important strategy in the development of insect resistant crop varieties is utilization of exogenous genes, including genes coding for endotoxin of *Bacillus thuringiensis* (Bt) and proteinase inhibitors from various sources (Krattiger 1997). Furthermore, the insecticidal properties of *Bacillus thuringiensis* (Bt) on several insect families such as the Lepidoptera are well known. Recent studies have allowed CIRAD to identify new Bt strains with insecticidal effects on

Coleoptera. Some of the genes have demonstrated strong insecticidal activities under both laboratory and field conditions. Several genes have now been widely used in transformation studies on other crops. It is therefore suggested to also study the effect of Bt toxins on banana weevils (*Cosmopolites sordidus*).

However, depending on the diseases and pests, on the mechanism of resistance and on the number of genes involved in the resistance, the genetic expression of introduced genes after genetic transformation requires specific promoters.

Regulatory region for gene expression (promoter)

Besides alternative and more efficient transformation systems, a regulatory region also called a promoter (according to me (but I am surely not a specialist) the promoter is just a part or just one of the regulatory regions, so you can not say that Regul Region = promoter)-(So maybe you should change the title) is required to increase and control the expression of genes into a specific part of the plant. (definition of Regul Region is A DNA base sequence that controls gene expression)

An ideal defence mechanism requires promoters that give leaf or root-specific expression of the genes ensuring that the resistance-gene is not expressed in the edible plant parts of the crop.

Promoters can be identified within the genome through transformation with a promoterless reporter gene and subsequent screening for individual transformants that express the activity of the reporter gene (Remy et al., 2001 (LUC tagging)). The promoter region is isolated and sequenced either after direct genome walking (inverse PCR or anchored PCR techniques) or plasmide rescue of the respective region from the genome.

At QUT, Australia, promoter regions derived from banana bunchy top virus (BBTV) satellite components (S1 and S2) and banana actin genes have been isolated and characterised in transgenic banana plants. In banana, the activity of the BBTV S1 and S2 promoters, directed vascular-associated reporter gene expression, was significantly increased by the inclusion of monocot-derived introns. Expression levels and the tissue specificity of one particular banana actin gene (ACT1) were characterised.

K.U.LEUVEN in Belgium, in collaboration with

the University of Queensland, Australia, has isolated promoters from various strains of banana streak badnavirus. These promoters have allowed a very high constitutive expression of reporter genes in banana as well as other monocot, and dicot. species. A promoter from sugarcane bacilliform badnavirus, cloned and shown to infect banana at the University of Minnesota, was also found by the Minnesota, Belgian and Australian groups to be highly active in both monocots and dicots. (In fact the CRRTTP is part of the Univ of Queensland so maybe it is better to put this and paragraph below together

K.U.LEUVEN in Belgium, in collaboration with the CRRTTP, Australia, has isolated a putative promoter region from sugarcane bacilliform badnavirus that is able to infect banana (Schenk et al, 1999). This promoter allows a very high constitutive expression of reporter genes in Banana.

Tissue culture

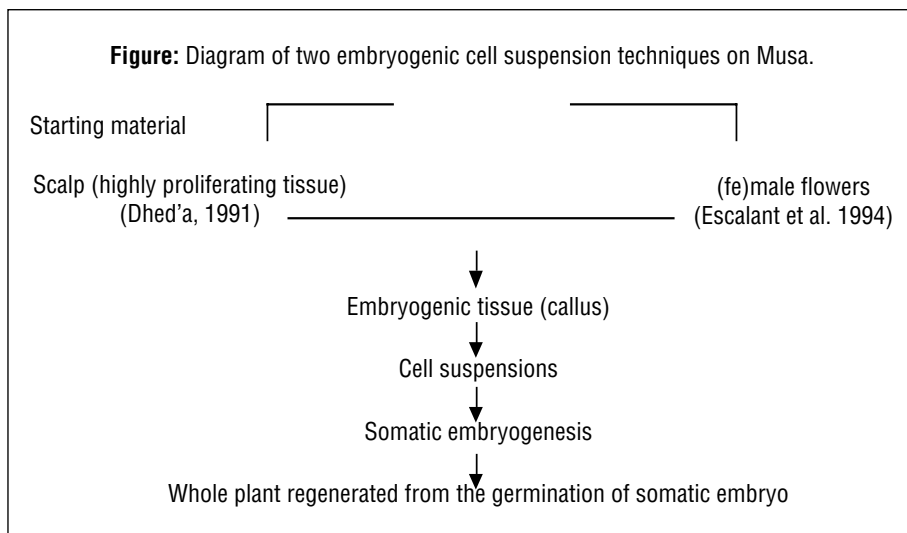
Cell suspensions offer the promise for rapid vegetative multiplication and is the currently the only available starting material for efficient genetic engineering in banana.

Cell suspensions and regeneration through somatic embryogenesis in *Musa* has been developed for different cultivars. The success in developing cell suspension seems to be highly dependent on both cultivar and genotype. Different

techniques allow the development of cell suspensions for a reasonable number of different clones covering part of the cultivar diversity. Two main techniques using different starting material are currently applied to obtain cell suspensions on *Musa*. These techniques differ mainly from the plant material used to develop the embryogenic callus that will give rise to cell suspensions after transfer into liquid medium. As such, cell suspensions can be generated using male flowers isolated from the distal part of the banana inflorescence (Escalant et al. 1994; Côte et al. 1996), or using highly proliferating meristem culture derived from shoot-apex (Dhed'a et al. 1991, Schoofs et al., 1998). These techniques are now widely used by different laboratories to produce transgenic plants.

Research on both methods continues aiming to reduce the time of establishment of the suspension, increase the frequency of embryogenic explants obtained from the starting material, increase the rate of regeneration of the cell suspension and reduce the somaclonal variation incidence on the regenerated plants (Schoofs et al., 1999).

A cryopreservation technique has been developed at *KULEUVEN* in Belgium in order to allow a better management of cell suspensions: reducing loss by contamination, maintaining the embryogenic quality, maintaining their potential of regeneration for a long period without subculture, and also to reduce the constraint on the availability of starting material (Panis et Trinh, 2001).



A methodology to develop protoplasts has also been developed allowing the electroporation system to be used for genetic transformation at KULEUVEN in Belgium (Panis et al., 1993, Sagi et al., 1994). Currently two laboratories are involved in the development of protoplast cultures: Laboratoire de morphogenèse végétale, University of Paris-XI, France (Megia et al. 1993) and CENARGEN, EMBRAPA, Brazil (Matsumoto and Oka, 1998).

Genetic transformation

Compared to conventional breeding where the gene pool available depends on sexual compatibility of the species, genetic transformation offers broader sources of genetic variability. Genes isolated from micro-organism, animal or plant can be expressed in transformed plants. This allows the development of transgenic plants expressing useful traits, which could not be access by classical breeding. **Ones use to refer with the limitation of these techniques to transfer multigenic traits due to the difficulty to insert large DNA segments** (I do not exactly understand what do you mean with this sentence). However, and considering that up to 600Kb DNA can be introduced through particle bombardment and similarly *Agrobacterium* can deliver and integrate at least 150Kb DNA into the plant genome, genetic transformation should allow the creation of new resistant banana and plantain cultivars through the transfer of multigenic disease resistance sequences.

Plant transformation can be defined as the introduction and stable expression of genes into a plant nuclear genome and their expression in the transgenic plant (Sagi et al. 1997).

The availability of a good in vitro system is essential for genetic transformation. The main characteristic of such a system is that a normal true-to-type plant can be regenerated from the explant material and this at a high frequency. The following banana tissues theoretically possess this potential: meristems, embryogenic cell suspensions, somatic embryos and protoplast cultures.

Two categories of transformation systems can be distinguished. The first includes the indirect transformation systems of which *Agrobacterium*-mediated transformation (AMT) is the most important one. Direct gene transfer techniques fall into the second group which comprises, among

other techniques, particle bombardment and protoplast electroporation. Particle bombardment or biolistic, uses accelerated metal (gold or tungsten) microprojectiles coated with DNA to penetrate and deliver foreign genes into plant cells. The *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transformation system transforms its host by integrating a segment T-DNA of its tumor-inducing plasmid into the nuclear genome. The transfer of this T-DNA is regulated through a very complex process involving numerous of the bacterial genes. *Agrobacterium* mediated transformation offers as main advantage over particle bombardment that it allows the manipulation of larger pieces of DNA comprising several genes and results in the production of transgenic plants with few insertion sites and few gene copies. Traits such as pest and disease resistance are generally multigenic systems; this technique is considered to hold great potential.

The DNA fragments (plasmids) used for genetic transformation generally contain the following sequences: a reporter gene for visual detection of transient expression, a selectable marker gene coding for antibiotic or herbicide resistance, and agronomically useful gene(s). These genes need to be preceded by a promoter sequence which regulates their expression. Useful genes will give an additional value to banana for pests and diseases control and other characteristics like...?.

Two main systems are now routinely used for genetic transformation of *Musa* at different institutions around the world: KULEUVEN, Belgium (Sagi et al., 1995), QUT (Australia), DNAP, USA (Higgs and May 1999), etc, based on particle bombardment of embryogenic cell suspensions. Genetic transformation using *Agrobacterium tumefaciens* is also developed at KULEUVEN (Belgium) (Hernandez et al., 1999), ZENECA (UK) and DNAP, USA (May et al., 1995)). Transient and stable expressions have so far been observed in a wide range of cultivars: Williams and Grande Naine (*Musa* AAA cv. Cavendish), Three Hand Plantain, French Sombre and Currare (*Musa* AAB cv. Plantain), Bluggoe, Cardaba and Monthan (*Musa* ABB cooking banana) and FHIA 23 and FHIA 18 (*Musa* AAAB, tetraploid hybrids), including different diploid wild species.

Transgenic plants have been produced from the cultivars Williams, Bluggoe and Three hand Plantain using gene constructs encoding various antifungal

peptides which had previously proved to be highly active against the major pathogenic fungi of banana. Expression and antifungal activity of these foreign genes have already been confirmed in banana plants and the plants are currently being maintained in the greenhouse before further evaluation in the field (Remy et al. 1998).

Large numbers of transgenic lines of both Cavendish and Bluggoe have been generated at QUT with the collaboration of QDPI in Australia. Plants are potentially resistant to Banana Bract Mosaic virus (BBRMV) and Banana Bunchy Top Virus (BBTV). The first transgenic lines were made with a simple coat protein gene under the control of the maize polyubiquitin promoter. New activities are ongoing to generate new lines using a design of transgene construct for virus resistance through gene silencing (reference ?).

Genetically transformed banana plants containing fruit ripening control genes have been obtained at DNAP, USA. These plants have been assayed for b-glucuronidase expression in the laboratory, and then planted into field trials being conducted in Costa Rica and Mexico. Different promoters have been tested showing a variable level of expression among the different parts of the plant: root, fruit and leaf. Two promoters have been used successfully in experiments to delay fruit ripening by inhibiting fruit-specific ethylene synthesis using sense suppression. Their banana transformation method has been adapted and works now efficiently on three different banana cultivars: Grande Naine, Williams and FHIA02. Engineering cultivated banana for Black Leaf Streak disease is also an overall goal at DNAP and five different constructs are being field tested in Honduras. Transgenic banana plants obtained at ZENECA are also being tested in the field in Honduras.

Transgenic Indian banana (Pisang Rasthali) has been obtained at Boyce Thompson Institute (BTI). The plants have fruits expressing the gene GUS (Ganapathi et al., 1999). This research has been focused on the development of a hepatitis vaccine Banana.

CONCLUSION

Biotechnologies applied to the genetic improvement of *Musa* are already widely implemented.

The prospects for improving bananas through the use of molecular techniques are clearly demonstrated. In future, DNA marker technologies can be used to solve the unequivocal identification of potential parents of native intraspecific *M. acuminata* hybrids from the 'Cavendish' group (AAA), native interspecific hybrids of the plantain group (AAB) and the cooking bananas (ABB) and the reconstruction of plantain phylogeny and the geographic migration of these crop plants. However, molecular markers will also play an important role in the identification and classification of different resistance mechanisms that are involved in the wild banana gene pool and the establishment of a comprehensive high-density linkage map of *M. acuminata*. Finally, DNA markers will be very useful in the comparative mapping of *M. acuminata*, *M. balbisiana* and selected other *Musa* and *Ensete* wild species.

Breeders can benefit from molecular cytogenetic methods that add a powerful set of tools to those already available to study the genome organisation, evolution and recombination. GISH can be applied to characterise cultivars and hybrids produced by *Musa* breeding programmes. Moreover, GISH represents a good potential to identify chromosome origin. Repetitive and single copy DNA probes are yielding insights into the relationship between genetic and physical maps of *Musa* and genome evolution. Finally, fibre *in situ* hybridisation can be used to examine the organisation of genes and DNA sequences. *Musa* breeders tackle the challenges caused by banana streak virus, tissue culture and somaclonal variation, and the use of wild germplasm in breeding and the irregular transmission of chromosomes during meiosis.

In a complementary approach to *Musa* breeding programmes, the technique of recombinant DNA has led to the production of a large number of transgenic banana and plantain lines with agronomically useful genes. Transgenic plants transformed with genes encoding antifungal proteins are currently available for field-testing.

It is essential that *Musa* breeders and *Musa* biotechnologists work together to accelerate *Musa* improvement. In view of the limited resources being devoted to *Musa* improvement research, and knowing the scale of the problems to be overcome, it is important to strengthen collaboration between

the different institutions already involved around the world. For this, it is very important to maximize all the resources and supports already available to develop research on *Musa*. The Global Programme for *Musa* Improvement (PROMUSA) aims to bring together all the scientists in *Musa* genetic improvement research involving in the same effort geneticists, biotechnologists, but also pathologists and physiologists.

PROSPECTS FOR THE FUTURE

Musa as a model for genomics

So far, Arabidopsis and rice have been used as model species in plant genomics because of their small genome size and ease of handling. However, both species have their limitations. Complementing these two species, the *Musa* genome provides a powerful platform for gaining a fundamental insight into the genomes of other species. Both in structural genomics and in functional genomics, *Musa* can be a model for several fundamental aspects for which the other two model species cannot be used (Strategy for the global *Musa* genomics consortium, 2001). The small size of the *Musa* genome and the different ploidy levels of the existing crops and species within *Musa*, as well as the combination of parthenocarpy with sterility and vegetative propagation, place the banana among one of the few opportunities to study the specific gene expression in different chromosomal environments. Being a monocotyledoneous crop but taxonomically very distantly related to rice, *Musa* is an ideal candidate for studying synteny between distantly related species. *Musa* was the first species where a pararetrovirus was shown to be integrated in the plant genome with the capacity to give rise to episomal banana streak badnavirus. Understanding the mechanism behind this phenomenon may lead to important applications, such as gene targeting.

Identification of *Musa* gene(s) encoding desirable traits

Different approaches for discovering gene sequences and functions can be pursued, each with specific advantages and shortcomings:

- Systematic sequencing of the entire genome. It

is evident that not all genes are transcribed in abundance so that they can be detected and represented in ESTs. It is likely that about 50 per cent of genes can be determined only by extensive, systematic sequencing of the entire genome. In the case of Arabidopsis, the complete sequence of the whole genome of the ecotype 'Columbia' was??? determined by the year 2000. This information will reveal the rest of the genes, their structure and organization in the genome and will be made available through public databases.

- Shotgun sequencing. As an alternative, a strategy termed 'Arabidopsis genome sampling' was employed by Cereon Genomics (USA), a collaboration of the US companies Monsanto and Millenium Pharmaceuticals. They 'shotgun-sequenced' (see glossary) the genome of Arabidopsis (ecotype 'Landsberg') and additionally identified 10,000 novel ESTs. This rapidly-created proprietary sequence database will lead to the discovery of new genes even from gene families that have been most intensively characterized by public research. It brings the total of known unique Arabidopsis ESTs to 25,000, which is close to the expected number of genes. Most importantly, the sequencing of this second Arabidopsis genotype/ecotype directly yields to the detection of single nucleotide polymorphisms (SNPs). SNPs are point mutations in the DNA (see glossary) and can be employed as markers to accurately map known mutants, many of which are of commercial importance.

In order to isolate specific genes for which only the phenotype, but no DNA sequence or biochemical activity is known, usually the only resort is to use positional cloning, i.e. isolating the gene based on its map position. Briefly, positional cloning entails three steps:

- a) Identifying clones for all the DNA in the chromosomal region of the gene of interest; be sure that the gene of interest is represented.
- b) Mapping the gene of interest precisely using recombination breakpoints and molecular markers (see above).
- c) Sequencing candidate gene(s).
- d) Proving that the gene identified is indeed the gene of interest.

ACRONYMS

AFLP – Amplified Fragment Length Polymorphism
 BACs (bacterial artificial chromosome) - A BAC vector is based on the E. coli F-factor. It has a low copy number per cell but behaves essentially like a plasmid that can contain large inserts (up to 1 Mb, but typically 100-200kb).
 BBrMV – Banana Bract Mosaic virus
 BBTV – Banana bunchy top virus
 BLSD – Black leaf streak disease
 BSV – Banana Streak Virus
 BTI – Boyce Thompson Institute
 CRCTPP – Cooperative Research Center for Tropical Plant Protection
 CIRAD-FLHOR – Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (France and Guadeloupe)
 CARBAP – Centre Africain de Recherches sur Bananier et Plantain (Cameroon)
 DNAP – DNA Plant Technology Corporation (USA)
 EMBRAPA – Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuaria (Brazil)
 FHIA – Fundacion Hondureña de Investagacion Agricola (Honduras)
 IEB – Institute Experimental of Botany (Czech Republic)
 IITA – International Institute of Tropical Agriculture (Nigeria and Uganda)
 IMTP – International *MUSA* Testing Programme
 IPGRI – International Plant Genetic Resources Institute (Italy)
 INIBAP – International Network for the Improvement of Banana and Plantain (France)
 KULeuven, – Katholieke Universiteit Leuven (Belgium)
 PROMUSA – Global programme for *MUSA* Improvement
 QDPI – Queensland Department of Primary Industries
 QUT – Queensland University of Technology (Australia)
 RFLP – Randomised Fragment Length Polymorphism
 STMS - Sequence-tagged microsatellite
 TBRI – Taiwan Banana Research Institute

BIBLIOGRAPHY

- The Global *Musa* genomics consortium, Arlington, 2002. A Strategy for the global *Musa* genomics consortium. Report of a meeting held in Arlington, USA, 17-20 July 2001. The International Network for the Improvement of Banana and Plantain, Montpellier, France
- Atkinson, H.J., Lilley, C.J. Urwin, P.E. and McPherson, M.J. (1998) Engineering resistance to plant-parasitic nematodes. Perry, R.N. and Wright, D.J (eds). The Physiology and Biochemistry of Free-living and Plant Parasitic Nematodes. CAB Publishing Wallingford, pp 381-413.
- Bhat, K.V, S.R. Bhat, K.P.S Chandel, S. Lakhanpaul and S. Ali. 1995a. DNA fingerprinting of *Musa* cultivars with oligodeoxyribonucleotide probes for simple repeat motifs. Genet. Anal 12:45-51.
- Bhat K.V., R.L. Jarret and R.S. Rana. 1995b. DNA profiling of banana and plantain cultivars using random amplified polymorphic DNA (RAPD) and restriction fragment length polymorphism (RFLP) markers. Electrophoresis 16:1736-1745.
- Burrows, P.R., Barker, A.D.P., Newell, C.A., Hamilton, W.D.O. 1998. Plant-derived enzyme inhibitors and lectins for resistance against plant-parasitic nematodes in transgenic crops. Pesticide Science, 52:176-183.
- Carreel F., S. Fauré, D. Gonzales de León, P.J.L. Lagoda, X. Perrier, F.Bakry, H. Tézenas du Montcel, C. Lanaud and J.P. Horry. 1994. Evaluation de la diversité génétique chez les bananiers diploïdes (*Musa* sp.). Genetics Selection Evolution 26 (Supplement 1): 125s-136s.
- Damasco O.P., G.C. Graham, R.J. Henry, S.W. Adkins, M.K. Smith and I.D. Godwin. 1996. Random amplified polymorphic DNA (RAPD) detection of dwarf off-types in micropropagated Cavendish (*Musa* spp AAA) bananas. Plant Cell Reports 16(1-2): 118-123.
- Welsh, J. and M. McClelland 1990.
- Dhed'a, D., 1992. Embryogenic cell suspension cultures and regeneration as plantlets by somatic embryogenesis in banana and plantain *Musa* spp. Tropicultura (BEL), vol. 10, (4), 152-154
- Dhed'a, D.; Dumortier, F.; Panis, B.; Vuylsteke, D., 1991 Plant regeneration in cell suspension cultures of the cooking banana cv. 'Bluggoes' (*Musa* spp. ABB group). Fruits (FRA) vol. 46, (2), 125-135
- D'Hont, A., Paget-Goy, A., Escoute, J., Carreel, F. 2000. The interspecific genome structure of cultivated banana, *Musa* spp. Revealed by genomic DNA *in situ* hybridization. Theor. Appl. Genet. 100: 177-183.
- Doleüel, J., Doleüelov, M., Novak, J.F. 1994. Flow cytometric estimation of nuclear DNA amount in diploids bananas (*Musa acuminata* and *Musa balbisiana*). Biologia Plantarum, 36 (3): 351-357.
- Doleüelov M., Val-rik, M., Swennen, R. Horry, J.P. and Doleüel, J. 1998. Physical mapping of the 18S-25S and 5S ribosomal RNA genes in diploid bananas. Biologia Plantarum 41 (4): 497-505.
- Engelborghs, I. And Swennen, R. 1999. Fluorescent AFLP detection of dwarf types in banana (*Musa* spp.) at early growth stage. Med.Fac.Landbouww, University of Ghent, 65/5b.
- Fauré S., J.L. Noyer, J.P. Horry, F. Bakry, C. Lanaud and D. Gonzalez de León. 1993. A molecular-based linkage map of diploid bananas (*Musa acuminata*). Theor. Appl. Genet. 87:517-526.
- Frison, E., Orjeda, G., Sharrock, S. 1997. PROMUSA: A global programme for *Musa* improvement. Proceedings of a meeting held in Gosier, Guadeloupe, March 5 and 9, 1997. INIBAP, Montpellier, France/The World Bank, Washington, USA.
- Ganapathi, T.R.; Higgs, N.; Van Eck, J.; Balint-Kurti, P.; May, G.D., 1999.
- Transformation and regeneration of the banana cultivar 'Rasthali' (AAB).
- in : The international symposium on the molecular and cellular biology of banana, 34 (Abs. only).
- Gawel, N.J., Jarret, R.L., Whittemore, A.P. 1992. restriction fragment length polymorphism (RFLP)-based phylogenetic analysis of *Musa*. Theo. Appl. Genet. 84: 286-290.
- Hernandez, J.B.P.; Swennen, R.; Galán Saúco, V.; Sági, L. 1999. Agrobacterium-mediated transformation of banana embryogenic cell suspension cultures in: The international symposium on the molecular and cellular biology of banana - p. 32 (Abs. only) Meeting: International Symposium on the Molecular and Cellular Biology of Banana, New York (USA), 1999/03/22-25
- Higgs, N.; May, G.D. 1999. Agrobacterium-mediated

- transformation of banana cv. 'Grand Nain' in: The international symposium on the molecular and cellular biology of banana - p. 47 (Abs. only)
- Meeting: International Symposium on the Molecular and Cellular Biology of Banana, New York (USA), 1999/03/22-25
- Howell E.C., H.J. Newbury, R. Swennen, L.A. Withers and B.V. Ford-Lloyd. 1994. The use of RAPD for identifying and classifying *Musa* germplasm. *Genome* 37: 328-332.
- IPGRI/INIBAP-CIRAD, 1996. Descriptors for banana (*Musa* spp.). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy/ International Network for the Improvement of banana and plantain, Montpellier, France/ Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, France.
- Kaemmer, D., Fischer, D., Jarret, R.L., Baurens, F.C., Grapin, A., Dambier, D., Noyer, J.L., Lanaud, C., Kahl, G., Lagoda, P.J.L. 1992. Molecular breeding in the genus *Musa*: a strong case for STMS markers technology. *Euphytica* 96: 49-63.
- Kaemmer, D.; Fischer, D.; Jarret, R.L.; Baurens, F.C.; Grapin, A.; Dambier, D.; Noyer, J.L.; Lanaud, C.; Kahl, G.; Lagoda, P. 1996. Molecular breeding in the genus *Musa*: a strong case for STMS marker technology. in: Meeting on tropical plants. Communications and posters. - EUCARPIA, European Association for Research on Plant Breeding, Wageningen (NLD) - p. 89 (Abs. only), Meeting: Meeting on Tropical Plants, Montpellier (FRA), 1996/03/11-15
- Keen NT, 1999. Plant disease resistance: progress in basic understanding and practical application. *Advances in Botanical Research*, 30:292-328.
- Koch, J.E., Kolvræ, S., Pedersen, K.B., Gregersen, N., Bolund, L. 1989. Oligonucleotides-priming methods for the chromosome-specific labelling of alpha satellite DNA *in situ*. *Chromosoma* 98: 259-265.
- Krattiger, A.F. (1997) Insect resistance in crops: A case study of *Bacillus thuringiensis* (Bt) and its transfer to developing countries. ISAAA Briefs No. 2, ISAAA: Ithaca, NY.
- Kubal-kov, M. and Doležel, J. 1998. Optimization of PRINS and C-PRINS for detection of telomeric sequences in *Vicia faba*. *Biologia Plantarum* 41 (2): 177-184.
- Kubal-kov, M., Nouzov, M., Doležal, M., Macas, J. and Doležel, J. 1998. A combined PRINS-FISH technique for simultaneous localization of DNA sequences on plant chromosomes. *Biologia Plantarum* 41(2): 293-296.
- Lanaud, C., Tezenas du Montcel, H., Jolivet, M.P., Glaszmann, J.C., Gonzales de Leon, D. 1992. Variation of ribosomal gene spacer length among wild and cultivated bananas. *Heredity* 68: 147-156.
- Lemieux, B., A. Aharoni, and M. Schena. 1998. Overview of DNA chip technology. *Molecular Breeding* 4:277-289.
- Lilley, C. J. and Atkinson, H. J. (1997). Promoters for control of root feeding nematodes. UK patent application number 9524395.2
- Lys-k, M.A., Doležal, M., Horry, J.P., Swennen, R., Doležal, J. 1999. Flow cytometric analysis of nuclear DNA content in *Musa*. *Theor. Appl. Genet* 98: 1344-1350.
- May, G.D.; Afza, R.; Mason, H.S.; Wiecko, A.; Novak, F.J.; Arntzen, C., 1995.
- Generation of transgenic banana (*Musa acuminata*) plants via Agrobacterium-mediated transformation. *Biotechnology (USA)*, vol. 13, 486-492
- Matsumoto, K.; Oka, S., 1998
- Plant regeneration from protoplasts of a Brazilian dessert banana (*Musa* spp., AAB group)
- in : Proceedings of the first international symposium on banana in the subtropics , Galán Saúco, V. (ed.), First International Symposium on Banana in the Subtropics, Puerto de la Cruz, Tenerife (ESP), 1997/11/10-14, International Society for Horticultural Science, Leuven (BEL), 455-462
- Megia, R.; Haïcour, R.; Tizroutine, S.; Bui Trang, V.; Rossignol, L.; Sihachakr, D.; Schwendiman, J., 1994
- Plant regeneration from cultured protoplasts of the cooking banana cv. Bluggoe (*Musa* spp., ABB group). *Plant Cell Reports*, vol. 13, 41-44
- Osuji J.O., G. Harrison, J. Crouch and J.S. Heslop-Harrison. 1997. Identification of the genomic constitution of *Musa* L. lines (bananas, plantains and hybrids) using molecular cytogenetics. *Ann.Bot.* 80: 787-793.
- Ndowora .T, Dahal G., LaFleur D., Harper G., Hull R., Olszewski N.E., Lockhart B. 1999
- Evidence for badnavirus infection in *Musa* originating from integrated viral sequences. *Virology*. Mar 15, 255(2): 214-20.
- Osuji, O. Julian, Harrison, G., Crouch, J. and Heslop-Harrison, P. 1997. Identification of the genomic constitution of *Musa* L. lines (banana, plantains and hybrids) using molecular cytogenetics. *Annals of Botany* 80: 787-793.
- Osuji, O. Julian, Crouch, J., Harrison, G., and Heslop-Harrison, P. 1998. Molecular cytogenetics of *Musa* species, cultivars and hybrids: location of 18S-5.8S-25S and 5S rDNA and telomere-like sequences. *Annals of Botany* 82: 243-248.
- PANIS B., VAN WAUWE A. and SWENNEN R., 1993. Plant regeneration through direct somatic embryogenesis from protoplasts of banana (*Musa* spp.). *Plant Cell Reports* 12:403-407.
- Panis, B.; Côte, F.; Escalant, J.V.; Sagi, L., 1996. Aspects of genetic engineering in banana. In : New frontiers in resistance breeding for nematode, Fusarium and Sigatoka. (Frison, E.A. (ed.); Horry, J.P. (ed.); De Waele, D. (ed.)) *New Frontiers in Resistance Breeding for Nematode, Fusarium and Sigatoka*, Kuala Lumpur (MYS), 1995/10/2-5, INIBAP, Montpellier, France, 1996, 182-198.
- Panis, B. and Thinh, N.T. 2001. Cryoconservation de matériel génétique de bananier. Guide technique INIBAP 5 (J.V. Escalant and S. Sharrock, eds). Réseau International pour l'amélioration génétique de la banane plantain. Montpellier, France.
- REMY S., DE WEERDT G., DECONINCK I., SWENNEN R. and SÁGI L, 2001. An ultrasensitive luminescent detection system in banana biotechnology: from promoter tagging to Southern hybridization. 4th and Final FAO/IAEA Research Coordination Meeting on Cellular Biology and Biotechnology Including Mutation Techniques for Creation of New Useful Banana Genotypes. Leuven, Belgium, 24-28 September 2001. Abstract.
- Remy, S.; Buyens, A.; Cammue, B.P.A.; Swennen, R.; Sagi, L., 1998.
- Production of transgenic banana plants expressing antifungal proteins. In: Proceedings of the first international symposium on banana in the subtropics (Galán Saúco, V. (ed.)). First International Symposium on Banana in the Subtropics, Puerto de la Cruz, Tenerife (ESP), 1997/11/10-14, International Society for Horticultural Science, Leuven

- (BEL), 433-436.
- Sagi, L.; Remy, S.; Panis, B.; Swennen, R.; Volckaert, G., 1994 Transient gene expression in electroporated banana (*Musa* spp., cv. 'Bluggoe', ABB group) protoplast isolated from regenerable embryogenic cell suspensions. *Plant Cell Reports*, vol. 13, (5), 262-266
- Sagi, L.; Remy, S. and Swennen, R., 1997 Genetic transformation for the improvement of bananas – a critical assessment. In: INIBAP Annual report 1997, INIBAP, France.
- Sagi, L.; Remy, S.; Verelst, B.; Panis, B.; Cammue, B.P.A.; Volckaert, G.; Swennen, R., 1995. Transient gene expression in transformed banana (*Musa* cv. Bluggoe) protoplasts and embryogenic cell suspensions. *Euphytica* (NLD), vol. 85, 89-95.
- SÁGI L., REMY S., CAMMUE B. P. A., MAES K., RAEMAEEKERS T., PANIS B., SCHOOFS H. and SWENNEN R., 2000. Production of transgenic banana and plantain. *Acta Horticulturae* 540:203- 206.
- Schenk P. M., Sági L., Remans T., Dietzgen R. G., Bernard M. J., Graham M. W. and Manners J. M., 1999. A promoter from sugarcane bacilliform badnavirus drives transgene expression in banana and other monocot and dicot plants. *Plant Molecular Biology* 39:1221-1230.
- SCHOOFS H., PANIS B. and SWENNEN R., 1998. Competence of scalps for somatic embryogenesis in *Musa*. *Acta Horticulturae* 490:475-483.
- SCHOOFS H., PANIS B., STROSSE H., MAYO MOSQUEDA A., LOPEZ TORRES J., ROUX N., DOLEZEL J. and SWENNEN R., 1999. Bottlenecks in the generation and maintenance of morphogenic banana cell suspensions and plant regeneration via somatic embryogenesis therefrom. *InfoMusa* (<http://www.inibap.org/publications/infomusa/INFO8.2-GB.pdf>) 8(2):3-7.
- The global *Musa* Genomics Consortium, 2002. A strategy for the Global *Musa* Genomics Consortium. Report of a meeting held in Arlington, USA, 17-20 July 2001. The International Network for the Improvement of Banana and Plantain, Montpellier, France.
- Urwin, P. E., H. J. Atkinson, et al. (1995). "Engineered Oryzacystatin-I Expressed in Transgenic Hairy Roots Confers Resistance to *Globodera-Pallida*." *Plant Journal* 8: 121-131
- Vain, P., Worland, B., Clarke, M.C., Richard, G., Beavis, M. Lin, H., Kohli, A., Leech, M., Snape, J., Christou, P. and Atkinson, H.J. (1998) Expression of an engineered cysteine proteinase inhibitor (Oryzacystatin-IDD86) for nematode resistance in transgenic rice plants. *Theoretical and Applied Genetics* 96, 266-271

Transformación de plantas de plátano cv. hartón (AAB) mediante electroporación de meristemos.

Transformation of plantain cv. Hartón (AAB) by electroporation of shoot apex explants.

E. de García y C. Villarroel

RESUMEN

Plantas de plátano cv. Hartón (AAB) cultivadas *in vitro* se transformaron mediante electroporación con el plásmido PCAMBIA 3201 de 11.459 Kb. Para ello se aislaron meristemos (0.2 a 0.4 cm). Los mismos fueron colocados en medio de multiplicación de banano e incubados en oscuridad por 3 ó 4 días. Posteriormente los tejidos son sometidos a un proceso de lavados con buffers de diferente composición y pH, a diferentes tiempos, para controlar la oxidación. Luego los meristemos se incuban en el buffer de transformación con el plásmido, por espacio de 1 hora y se electroporan en un equipo Gene Pulser II, (BIORAD). La incorporación del gen se detecta mediante la prueba histológica del gen GUS. Nuestros estudios concluyen que es adecuado hacer un pretratamiento de tres lavados de 1 hora con buffer a pH7. Las mejores condiciones de electroporación son: incubación en el mismo buffer a pH7 ó 7,6, capacitancia de 1000 mF y 200V. Estas condiciones producen mayor eficiencia en la electroporación, y los meristemos se recuperan en corto tiempo y presentan un mayor porcentaje de regeneración de plantas.

ABSTRACT

Plantain plants cv. Hartón (AAB) obtained by *in vitro* culture. Were transformed through electroporation with the plasmid PCAMBIA 3201 with 11.459 Kb. Meristems (0.2 a 0.4 cm) were isolated from plants and placed in multiplication banana media, then incubated for 3 to 4 days at dark conditions. In order to control oxidation meristems are washed several times with different types of buffers, (different constitution and pH). Once that treatment is finished, tissues are incubated in transformation buffer and the plasmid for 1 hour, and then electroporated in a Gene Pulser II (BIORAD). Gene insertion is detected through histochemical GUS test. We concluded that is necessary to wash the tissue three times with buffer pH7, before its electroporation. Which was carried out in a buffer pH 7, at 1000 mF capacitance and 200 V. This protocol lead to a higher number of transformed meristems, which were able to respond in a shorter time, and to produce a high percentage of transformed plants.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha crecido el interés por el cultivo de Musáceas y se ha hecho más intensiva su explotación, en nuestro país existen alrededor de 50.000 hectáreas en producción (UPEP, 1996). Sin embargo, en el género *Musa* la imposibilidad de introducir nuevos genes disminuye la diversidad, base sobre la cual se fundamentan los programas de selección de características deseables desde el punto de vista agronómico. Además dependiendo de la haploidía y del genoma, los

cultivares de banano presentan dificultades específicas de esterilidad masculina y femenina, difícilmente controlables dentro del marco del mejoramiento genético clásico. Adicionalmente, la obtención de nuevas variedades de plátanos y bananos a través de cruzamientos sexuales que se producen en algunas variedades es extremadamente difícil, pues muy pocos clones producen polen viable y escasos individuos son fértiles femeninos que puedan ser usados en cruzamientos.

En Venezuela, el banano constituye después de

* Laboratorio de Biotecnología Vegetal. Instituto de Biología Experimental, Facultad de Ciencias Universidad Central de Venezuela. Apdo. 47114. Los Chaguaramos, Caracas 1041. Venezuela. E-mail: egarcia@reacciun.ve

los cítricos, uno de los renglones de mayor importancia para el comercio internacional de frutas. Sin embargo, existen serios problemas que limitan su producción eficiente, este hecho ha traído como consecuencia que se investigue cuales son las causas que han generado mermas en la producción (Haddad y Meredith, 1977). La producción de los cultivos de banano involucra diferentes aspectos entre los que se encuentran el combate de enfermedades y plagas (Bureau y col, 1992) Los bananos son atacados por diversos hongos, bacterias y nemátodos. Entre las enfermedades más comunes que ocasionan un daño apreciable a los cultivares de plátano y banano y por ende afecta su producción agrícola, se destaca la Sigatoka amarilla y negra.

Casi todos los cultivares o clones de importancia económica en Venezuela son susceptibles a estas enfermedades. Por lo cual se han establecido una serie de métodos que permiten realizar avances significativos en el mejoramiento genético del género *Musa sp.*, como es la obtención de variantes soma clonales que exhiban características agronómicas sobresalientes y la transgénesis.

En este sentido nos hemos planteado el desarrollo de la presente investigación cuyo principal objetivo es el de establecer un protocolo apropiado para la transformación del plátano cv. Hartón (AAB) de amplio consumo económico en el país y altamente susceptible a la Sigatoka con el fin de aplicarlo en el futuro para la incorporación de genes de resistencia a la Sigatoka en este cultivar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal y condiciones del cultivo

El material a utilizar proviene de plantas de plátano cv. Hartón (AAB) cultivadas "in vitro", en un medio de multiplicación de Banano (Gómez y García, 1994) ajustado a pH: 5,8 con NaOH (1N) y esterilizado en autoclave a una presión de 1,2 Kg/cm² y 120°C durante 20 minutos. El material es colocado en cámaras de crecimiento a 25°C ± 1 y a una intensidad lumínica de 56 mW/ m²/ seg de radiación fotosintética activa (RFA) por un período de seis semanas.

De estas plantas de Hartón se aislaron meristemos de 0,2 a 0,4 cm y posteriormente se sumer-

gieron en una solución de cisteína (100mg/l) por espacio de una hora para luego ser sembrados en el medio de Banano antes descrito. El material es colocado de 3 a 4 días en cámara de oscuridad para posteriormente ser electroporados.

Plásmido

El plásmido utilizado para el experimento de Electroporación fue el vector p CAMBIA 3201 de 11450 Kpb, diseñado y desarrollados por el Laboratorio de Biología Molecular del "Medical Council", Cambridge, Inglaterra y donado al Centro para la Aplicación de la Biología Molecular en la Agricultura Internacional. Esta construcción contiene el sitio múltiple de clonamiento pUC18, el Gen de resistencia al cloramfenicol para la selección en bacterias, el gen de resistencia a fosfotricina para la selección de plantas, el Gen reportero GUS y el Gen de selección BAR como marcador de selección que confiere resistencia al herbicida Glufosinato de amonio (nombre comercial BASTA)

Transformación por electroporación

Se usaron los meristemos tratados como fue descrito en la sección de material vegetal, los mismos fueron sometidos a lavados con buffer de electroporación a diferentes tiempos (2 lavados de hora y media cada uno, y 3 lavados de una hora cada uno), para ello se colocaron los meristemos en tubos eppendoff y se le agregó 500 ml de Buffer en cada lavado.

El buffer de electroporación usado (ASPm) es una modificación del ASP (Tada et al., 1990), conteniendo 10 mM de HEPES (pH 7.6) en lugar de MES (pH 5.8) (Muñoz y col. 2001). Se utilizaron 26 meristemos ya pretratados y se incubaron en micro cubetas estériles de 0.4 cm, 2 meristemos con 500ml de buffer y 20 ml de plásmido, por una hora a temperatura ambiente para luego ser electroporado en un equipo de pulso exponencial (Gene Pulser[®] II, BIORAD) a 200 v7cm y capacitancia de 1000 mF según diseño experimental. Luego de la descarga se colocaron por 10 minutos a temperatura de 4°C y posteriormente de 10 a 15 minutos a temperatura ambiente, para después sembrarlos en el medio inicialmente descrito. Se dejaron en oscuridad de 3 a 4 días para evitar la oxidación del material.

Prueba de GUS

Los ensayos histoquímicos de b-glucoronidasa fueron realizados de acuerdo a Jefferson et al. (1987), para ello se tomaron meristemas ya electroporados y se colocaron en tubos eppendorf con 500ml de la solución Gus a incubar de 24 – 48 horas por 37 °C.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

De las experiencias realizadas con el lavado de los explantes a diferentes pH (7.6, 7.0, 5.8) y diferentes tiempos de lavados se observó que las condiciones donde mejor se controlaba la oxidación eran de 2 y 3 lavados.

En relación al voltaje se observó que la mayor regeneración se daba a 200v/cm después de experimentar con varios voltajes. Sobre la base de estas observaciones las experiencias posteriores se diseñaron a 200 v/cm.

En la tabla No.1 se observan los resultados obtenidos en los diferentes pretratamientos con respecto al tiempo, % de regeneración, y la verificación de la presencia del Gen en los meristemas tratados mediante la prueba de Gus. En la misma se observa que los pretratamientos con tres lavados son los que controlan la oxidación lo que permite una regeneración del 100%.

Estos resultados coinciden con los de Muñiz y col(2001) donde el pH 7.6 es el más adecuado para obtener buenos resultados de tratamientos de electroporación para la transformación, este mismo autor reporta que la electroporación la realiza a 220 v/cm desde un capacitor de 900 mF , se observan condiciones muy parecidas a las nuestras 200 v/cm y 1000 mF.

Con relación al tiempo de incubación con el plásmido se realizó por un período de 1 hora a temperatura ambiente dando buenos resultados.

Un tiempo prolongado de incubación de los explantes en el amortiguador, favorece la difusión del DNA al interior celular, sin necesidad de tratamiento enzimático (Pesticelli y Sukhapinda, 1995.)

El lapso de tiempo puede variar de 30 a 60 minutos a temperatura ambiente, previo a la aplicación del pulso eléctrico (Gürel y Gözükmizi, 2000). Así la incubación favorece que el DNA pase a través de los espacios intercelulares y/o penetre a través de las paredes celulares, permitiendo que se ubique cerca de la membrana plasmática, entrando al interior celular luego de la descarga del pulso eléctrico (Dekeyser et al., 1990)

En las fotografías tomadas a la lupa se observan Fig.1 control (no transformado) a los 21 días, Fig. 2 planta transformada a los 21 días, Fig. 3 planta transformada a las 5 semanas. También en fotografías tomadas al microscopio electrónico se observa Fig. 4 corte del meristemo control no transformado, Fig. 5 Corte del meristemo con tejido transformado (coloración azul)

CONCLUSIONES

Estas experiencias nos permitieron establecer un protocolo adecuado de electroporación para plantas de plátano cv. Hartón (AAB) hasta el momento solo se ha demostrado la transformación mediante el gen Reportero GUS, estas plantas serán sometidas a análisis molecular mediante la Reacción en cadena de la polimerasa (PCR).

REFERENCIAS

- Bureau, E., Marin. D. & Guzmán, J.A. 1992. El sistema de pre-aviso para el combate de la Sigatoka Negra en Banano y Plátano. Panamá UPEB. 41pp.
- Dekeyser, R. A., Claes, B., De Rycke, R.M.U., Habets, M.E., Van Montagu, M. C. & Caplan, A.B. 1990. Transient gene expression in intact and organized rice tissues. Plant Cell 2: 591-602.

TABLA 1 Resultados

Tratamientos Buffer ASPm + pCambia a diferentes pH	No. de lavados	Tiempo de regeneración	% de regeneración	Prueba de GUS
7.6	2	Lento	50	+
	3	Inmediato	100	+
7	2	Lento	50	+
	3	Inmediato	100	+
5.8	2	Lento	50	+
	3	inmediato	100	+



Fig. 1 Meristemas regenerado de Plátano cv.Hartón electroporado a 200 v/cm sin plásmido.(21 días)

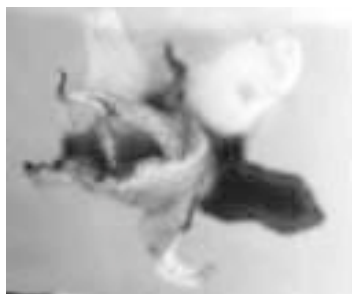


Fig. 2 Meristemo regenerado de Plátano cv. Hartón electroporado a 200 v/cm con plásmido..(21 días)



Fig. 3 Meristemo regenerados de plátano cv Hartón electroporado a 200 v/cm con plásmido .(5 semanas).



Fig. 4. Meristemo de banana cv. Hartón electroporado sin plásmido donde se observa prueba de Gus negativa



Fig.5. Meristemas de P. Hartón electroporado con el plásmido P-Cambia 3201, mostrando la reacción positiva al Gus mediante coloración azul.

Gómez, I. H & García, E. 1994. Micropropagación de Bananos (*Musa AAA*) del subgrupo Cavendish. *fyTON* 55:31-41.
 Gürel, F. & Gözükmizi, N. 2000. Optimization of gene transfer into barley (*Hordeum vulgare* L.) mature embryos by tissue electroporation. *Plant Cell Rep* 19: 787-791
 Haddad, O. & Meredith. 1977. Tratamientos y técnicas de multiplicación acelerada en cormos de Musáceas. IX Jornadas Agronómicas. Maracay, Venezuela. 19p.
 Jefferson, R.A., Kavanagh, T.A. & Bevan, M.W. 1987. GUS fusions: b glucuronidase as a sensitive and versatile gene fusion marker in higher plants. *EMBO J.* 6(13): 3901-3907.

Muñiz, V., Ferreira, R., Meneses, L., Uchoa, N., Margis, M. & Mansur, E. 2001. Transformation of Brazilian Elite *Indica* – Type Rice (*Oryza Sativa* L.) by Electroporation of Shoot Apex Explants. *Plan Molecular Biology Rep* 19: 55-64.
 Pesticelli, S.M. & Sukhapinda, K. 1995. Stable transformation via electroporation into maize typell callus and regeneration of fertile transgenic plants. *Plant Cell Rep* 14: 712-716.
 Unión de países Exportadores de Banano UPEB. 1996. Perfil de la actividad bananera en América Latina (extracto del informe estadístico de la actividad bananera en América Latina de 1994. *INFOMUSA* 5(1): 14-20

Reacción de diferentes materiales del banco de germoplasma de musáceas al ataque del Picudo negro *Cosmopolites sordidus* Germar (Coleoptera: Curculionidae)

Reaction of different materials from the musaceas germoplas bank
to the plantain weevil (*Cosmopolites sordidus* GERMAR)
(coleoptera: curculionidae) attacks

C. Castrillón, J. A. Valencia y C. F. Urrea

RESUMEN

Estudios basados en el coeficiente de infestación (Vilardebo, 1973) y captura de adultos en campo, evaluaron las susceptibilidad de 112 accesiones de plátanos y bananos al Picudo negro *Cosmopolites sordidus*. Los resultados mostraron que el subgrupo Plantain (AAB), Dominico 300, Dominico Maqueño, Madre del Platanal, Dominico Ancuyano, Dominico Común, Dominico Hartón Común, Hartón Maqueño, Hartón Común y Banano de subgrupo Gros Michel (AAA), Bocadillo Chileno, Gros Michel Coco, Gros Michel Común, comestibles en Colombia, fueron los más susceptibles. Las variedades de origen del Sureste Asiático, entre otros, el subgrupo Musa Textiles (AA) Musa textiles, Indefinido AAAA (IC2), Pisang Awak AAB (Fougamou), Saba ABB (Bendetta) fueron resistentes al daño, pero las trampas de estas variables hubo las mayores capturas de adultos.

Palabras claves: *Cosmopolites sordidus*, variedades, resistencia plátano, banano.

ABSTRACT

Studies based on infestation coefficients (Vilardebo, 1973) and field trapping of adults, evaluated the susceptibility of 112 accesiones of plantain and Banana to the borer weevil *Cosmopolites sordidus* Germar. The results showed that: The plantain subgrupo AAB, Dominico 300, Dominico Maqueño, Madre del platanal, Dominico Ancuyano, Dominico Común and bananas from the sub-group (AAA) Bocadillo Chileno, Gros Michel Coco, Gros Michel Común, which are the most consumed in Colombia, were very susceptible. The native varieties from the south East Asia, the sub-group Musa Textilis (AA), Musa Textilis, Indefinido AAAA (IC2), Pisang Awak ABB (Fougamou) Saba ABB (Bendetta) were the most resistant to damage, but the traps from those varieties trapped the largest population of adults.

Key words: *Cosmopolites sordidus*, varieties, resistance, plantain, banana

I

INTRODUCCIÓN

El picudo negro *Cosmopolites sordidus* Germar, se encuentra entre los principales problemas fitosanitarios de las plantaciones de musáceas, por el daño directo causado por las larvas al consumir el cormo, las cuales reducen la producción y vida útil de la plantación, obligando al productor a tomar medidas de control que aumentan el costo de producción, contribuyendo a la contaminación del agroecosistema. Uno de los sistemas de control del picudo negro más utilizado por los pro-

ductores es el uso de trampas envenenadas (Grisales y Lescot, 1999). Estas se hacen con material de seudotallo y de cormo, siendo las más eficientes las tipo "Disco de cepa" o "Disco de cormo" como atrayente (Castrillón, 1983). Este tejido es rociado con insecticidas de contacto o ingestión, (principalmente organofosforados y Carbamatos) (Castrillón, 1985, 1988, 1989, 1991); sin embargo, se ha demostrado que existen hongos (*Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*) y, nemátodos entomopatógenos *Steinernema*

* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA. A.A. 1287. Manizales-Caldas, Colombia. Tel: (576) 8876197; Fax (576) 876204. E.mail: nitas@hotmail.com.co

carpocapsae nativos. (Castrillón, 1996, 2000, 2001), que están comenzando a ser producidos en forma artesanal y empleados por pequeños productores en cultivos de subsistencia y utilizados en formulación comercial en cultivos tecnificados con mercadeo especializado.

Indudablemente, el mejor método de control de cualquier problema fitosanitario es el uso de variedades de plátano resistentes. En Colombia el picudo negro se encuentra en 100% de las áreas productoras y afecta a todas las musáceas comestibles (plátanos y bananos) de cualquier edad. Se reportó en el país desde 1947 y no se conoce la incidencia y severidad del daño en los diferentes materiales de musáceas, motivo por el cual se realizó la presente investigación, con el objetivo de evaluar la respuesta de 112 accesiones que conforman el Banco de Germoplasma de la Colección Colombiana de Musáceas (C.C.M) al ataque natural del picudo negro del plátano, en la zona cafetera del país y considerar los materiales más promisorios como una de las alternativas dentro del plan de manejo integrado del insecto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó en el centro de investigaciones "El Agrado", propiedad del Comité Departamental de Cafeteros del Quindío, situado en el corregimiento de Pueblo Tapao, municipio de Montenegro, departamento del Quindío, Colombia, a 4°, 28' de latitud norte y 75°, 49' de longitud oeste, a 1.320 m.s.n.m., 22°C temperatura promedio, y una precipitación media anual de 2.100 mm, donde se encuentra instalado el Banco de Germoplasma de Musáceas, compuesto por 134, de los cuales se seleccionaron 112 materiales de 7 ciclos de producción, los cuales se encuentran clasificados de acuerdo a su composición genómica en: AAB, AAA, AA y AB; además, se tienen al-

gunos híbridos tetraploides mejorados provenientes de algunos programas de mejoramiento a nivel mundial, como: FHIA y EMBRAPA, Fundación Hondureña de Investigación Agrícola y Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria, respectivamente. Igualmente, se tienen algunos materiales de la sección Austral Musa y Rhodochlamys; así como el *Musa Basjoo* y *Musa Itinirans* de la sección Eumusa. El material se encontró distribuido en surcos, seis plantas de cada uno de ellos, los cuales se agruparon en el mismo bloque de acuerdo a su composición genómica. De cada clon se tomaron tres sitios de producción y se evaluó la incidencia de la plaga, utilizando la trampa "Disco de cepa" (Castrillón 1983, 1987, 1989a, 1989b).

Para la evaluación de la severidad del daño se tomaron 3 repeticiones (una planta por repetición) de cada material y se utilizó la escala del coeficiente de infestación empleada por Vilardebo (1973-1974) (Tabla 1), se cuantificó el daño y se contó el número de galerías.

Para determinar la preferencia de los adultos del picudo negro por el material se hicieron 3 repeticiones por material (una trampa por repetición) y se capturaron los adultos durante 9 días, con una frecuencia de 3 días.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se efectuó inicialmente una clasificación de los materiales que conforman el Banco de Germoplasma de Musáceas por subgrupo taxonómico, de tal manera que cada uno de ellos estuvo conformado por uno o más cultivares, dependiendo de la riqueza clonal que se tiene en la Colección *In vivo*. Al respecto, en la Tabla 2, se presenta de manera discriminada los subgrupos y los clones que lo conforman. Como ejemplo se observa que el subgrupo Cavendish está integrado por los clones Dwarf, Valery, Mysore, Banano sin clasifi-

Tabla 1. Escala para evaluar el grado de infestación de *Cosmopolites sordidus* Germar en musáceas

Presencia de perforaciones en el área de la circunferencia (%)	Coeficiente de infestación (%)	Porcentaje de pérdidas (Racimo) (%)
0	0	0
25	20	10
50	40	20
75	60	30
100	100	60

Tabla 2. Listado de variedades clasificadas por subgrupos que conforman la Colección Colombiana de Musáceas (C.C.M.)

No.	Clones	Composición genómica	Subgrupo
1	Niyama Yik	AA	Aad
2	Pisang Lilin	AA	AAh
3	Palembang	AA	AAh
4	Pisang Tongat	AA	AAh
5	Zebrina	AA	AAhs
6	Peciolos Oscuros	AA	AAhs
7	Tani	BB	BB
8	Balbisiana	BB	BB
9	Cachaco sin Bellota	ABB	Bluggoe
10	Cachaco Común	ABB	Bluggoe
11	Cachaco Espermo	ABB	Bluggoe
12	Cachaco Enano	ABB	Bluggoe
13	Long Tavoy	AA	Burmanica
14	Annam	AA	Burmanicoides
15	Dwarf	AAA	Cavendish
16	Valery	AAA	Cavendish
17	Mysore	AAA	Cavendish
18	Banano sin clasificar	AAA	Cavendish
19	Pigmeo	AAA	Cavendish
20	Gran Enano	AAA	Cavendish
21	Seredow	AAA	Cavendish
22	Poyo	AAA	Cavendish
23	Lacatan	AAA	Cavendish
24	M. Basjoo	Eumusa	Eumusa Basjoo
25	M. Itinerans	Eumusa	Eumusa Itinerans
26	Bocadillo Chileno	AAA	Gros Michel
27	Gros Michel Coco	AAA	Gros Michel
28	Gros Michel Enano	AAA	Gros Michel
29	Gros Michel Común	AAA	Gros Michel
30	Seda	AAA	Gros Michel
31	Banano Chico	AAA	Gros Michel
32	Banano 2	AAA	Gros Michel
33	Guayabo B	AAA	Gros Michel
34	Maritu	AAB	Iholena
35	IC2	AAAA	Indefinido AAAA
36	FHIA 21	AAAB	Indefinido AAAB
37	FHIA 1	AAAB	Indefinido AAAB
38	FHIA 3	AABB	Indefinido AABB
39	Híbrido de SABA1	AABB	Indefinido AABB
40	GAEP 2	AABB	Indefinido AABB
41	GAEP 1	AB	Indefinido AB
42	Híbrido de SABA3	AB	Indefinido AB
43	Híbrido de SABA2	Aneuploide	Indefinido Aneuploide
44	Yangambi KM5	AAA	Ibota
45	Guineo Negro	AAA	Lugira
46	M. Textilis	Australimusa	M. Textilis
47	Pahang	AA	Malaccensis
48	Selangor 1	AA	Malaccensis
49	Pisang Cici	AA	Malaccensis
50	Pelipita	ABB	Pelipita
51	Perrenque	ABB	Pelipita
52	Fougamou	ABB	Pisang Awak
53	Plantain 17	AAB	Plantain
54	Dominico 300	AAB	Plantain Dominico
55	Dominico Negro	AAB	Plantain Dominico

No.	Clones	Composición genómica	Subgrupo
56	Dominico Mocho	AAB	Plantain Dominico
57	Dominico Maqueño	AAB	Plantain Dominico
58	Dominico Caoba	AAB	Plantain Dominico
59	Madre del Platanal	AAB	Plantain Dominico
60	Dominico Guaicoso	AAB	Plantain Dominico
61	Dominico Ancuyano	AAB	Plantain Dominico
62	Dominico Rojo 1	AAB	Plantain Dominico
63	Dominico Rojo 2	AAB	Plantain Dominico
64	Dominico Enano	AAB	Plantain Dominico
65	Dominico Común	AAB	Plantain Dominico
66	Diby	AAB	Plantain Dominico Africano
67	Elat	AAB	Plantain Dominico Africano
68	Red Yade	AAB	Plantain Dominico Africano
69	KWA	AAB	Plantain Dominico Africano
70	Amou Rojo	AAB	Plantain Dominico Africano
71	Messiatzo	AAB	Plantain Dominico Africano
72	Rose Dekona	AAB	Plantain Dominico Africano
73	Lifongo Liko	AAB	Plantain Dominico Africano
74	French Sombre	AAB	Plantain Dominico Africano
75	Bend Mossendjo	AAB	Plantain Dominico Africano
76	Niabang	AAB	Plantain Dominico Africano
77	Kelong Mekintu	AAB	Plantain Dominico Africano
78	Njock Kon	AAB	Plantain Dominico Africano
79	Dominico Hartón Verde	AAB	Plantain Dominico Hartón
80	Dominico Hartón Rojo	AAB	Plantain Dominico Hartón
81	Dominico Hartón Común	AAB	Plantain Dominico Hartón
82	Orishelle	AAB	Plantain Dominico Africano
83	Hartón Habano	AAB	Plantain Dominico Hartón
84	Hartón Birracimo	AAB	Plantain Dominico Hartón
85	Hartón rojo	AAB	Plantain Dominico Hartón
86	Hartón Maqueño	AAB	Plantain Dominico Hartón
87	Hartón del Meta	AAB	Plantain Dominico Hartón
88	Hartón Rojo del Meta	AAB	Plantain Dominico Hartón
89	Hartón Común	AAB	Plantain Dominico Hartón
90	Hartón Tigre	AAB	Plantain Dominico Hartón
91	Hartón Liberal	AAB	Plantain Dominico Hartón
92	_naine	AAB	Plantain Dominico Africano
93	M. Bindi	AAB	Plantain Dominico Africano
94	M. Bouroukou No 1	AAB	Plantain Dominico Africano
95	Pompo o Comino	AAB	Popoulou
96	Maja Maoli	AAB	Popoulou
97	Tafetan Rojo	AAA	Red
98	Guayabo A	AAA	Red
99	Tafetan Verde	AAA	Red
100	M. Laterita	Rhodochlamys	Rhodochlamys Laterita
101	M. Ornata	Rhodochlamys	Rhodochlamys Ornata
102	M. Velutina	Rhodochlamys	Rhodochlamys Velutina
103	Saba	ABB	Saba
104	Bendetta	ABB	Saba
105	M. a. Rosea	AA	Siamea
106	Siam	AA	Siamea
107	Manzano	AAB	Silk
108	Yangambi 3	AAB	Silk
109	Bocadillo Común	AA	Sucrier
110	Pisang Mas	AA	Sucrier
111	Bocadillo Alto	AA	Sucrier
112	Selangor2	AA	Zebrina

car, Pigmeo, Gran enano, Seredow, Poyo y Lacatan, materiales a partir de las cuales se obtuvo la información inicial para obtener los promedios correspondientes de las variables evaluadas.

Número de picudos capturados. Se obtuvo información correspondiente al conteo de adultos capturados en las trampas en campo, para efecto de someter la información al análisis estadístico correspondiente; el conteo de picudos y del número de galerías se sometió a la transformación de

$$\sqrt{x + 1}$$

El número de picudos capturados entre los subgrupos taxonómicos presentaron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.01$). Al respecto, se destacan entre los más susceptibles los tetraploides con genoma AAAB, AAAA y Silk y el Dominico hartón, que es el material más cultivado en la Zona Cafetera Colombiana, y que presentaron conteos superiores a 6,37 picudos/trampa, seguido entre otros de algunos subgrupos conformados por clones de bananos como el Gros Michel y el Lujugira (guineo) y las diferentes variantes que integran los subgrupos de Plantain (hartón y Dominico, nativos, Africanos y el Dominico Hartón Africano), con promedios que fluctúan entre 5.66 y 4.3 picudos/trampa. En el rango de menos capturas se presentó otro conjunto integrado por materiales que conforman los subgrupos Pelipita Popoulou y el Cavendish, con promedios entre 4.00 y 2.59 picudos/trampa (Tabla 3). La mayor resistencia se observa en materiales cuyo origen se ubica en el Sureste Asiático como los Acuminata (Malaccensis, Zebrina, Siamea, Burmannica) y las especies *Musa Basjoo* y *Musa Itinerans* de la sección Eumusa y *Musa Ornata* de la sección Rhodochlamys, con promedio entre 2.22 y 1.44 picudos/trampa. Por último los materiales menos susceptibles fueron los diploides del subgrupo BB, Acuminata Burmannicoides, *Musa Velutina* y Laterita de la sección Rodochlamys, con promedios entre 1.17 y 0 picudos/trampa.

Coeficiente de infestación

El coeficiente de infestación entre los subgrupos taxonómicos presento diferencias significativas ($\alpha \leq 0.01$); al respecto, se destacan entre los que mayor daño en el cormo presentaron el grupo conformado por los subgrupos Iholena, (Triploide con

genoma AAB), seguido por el grupo conformado por los Tetraploides con genoma AAAB y Triploides del genoma AAB, donde se incluye el Hartón común, considerada la variedad comercial de exportación cultivado en Urabá, Costa Atlántica y Llanos Orientales, y el Hartón del Africa que presentaron valores entre 11.45 y 5.39; seguido entre otros por los subgrupos Popoulou y las diferentes variantes que integran el subgrupo Plantain donde se destaca el Dominico hartón común y el Dominico común nativos y Africanos, siendo los nativos los de mayor extensión y de mayor importancia económica en la zona cafetera, con valores que fluctúan entre 4.58 y 2.65. En el rango de menor coeficiente de infestación se presentó otro conjunto integrado por los materiales que conforman los subgrupos Cavendish, indefinido AAAA, Diploide BB y Pelipita con rangos entre 0.39 y 0.10.

Los materiales más resistentes son los de origen del Sur este Asiático; entre otros, *Musa Textilis*, Burmannicoides, *Musa Itinerans* de la sección Eumusa, AAhs, Ibota, los Acuminata Zebrina, Malaccensis, Siamea, *Musa Ornata* y *M. Velutina* de la sección Rhodochlamys, con cero coeficiente de infestación.

Número de Galerías en el Cormo

El número de galerías en el área de mayor circunferencia del cormo, presentó una correlación positiva con el coeficiente de infestación en el cormo para un coeficiente de determinación ($R^2 = 0.958$), y se ajustó a la ecuación de predicción del coeficiente de infestación $Y = 0.0277X^2 + 0.2447X - 0.2056$. No hubo correlación entre el número de picudos capturados con el coeficiente de infestación y el número de galerías en el cormo en todos los materiales, lo que indica que hay subgrupos taxonómicos que atraen al picudo negro, pero éste no hace daño al cormo, como fue el caso del Pisang Awak y Saba con capturas de 7.33 y 7.00 picudos por trampa y el cormo permaneció completamente sano. Hubo un segundo grupo conformado por materiales con capturas altas de picudo negro (8.33 a 4.44) y tolerantes al daño, caso del Silk, Bluggoe, Red, Gros Michel, Lujugira, Plantain Hartón Africano, Indefinido AABB e Indefinido Ab con coeficiente de infestación entre 6.35 y 0.10; seguido de un tercer grupo altamente susceptible al daño como el subgrupo conformado por los tri-

Tabla 3. Valor promedio de picudo negro (*C. sordidus* Germar) capturados en trampa de cormo “Disco de cepa”, coeficiente de infestación y número de galerías, en los materiales que conforman los subgrupos taxonómicos del Banco de Germoplasma de Musáceas en Colombia (El Agrado, 2001)*

Subgrupo taxonómico	Compor - tamient o	Coeficiente de infestación CI (%)	Galerías (No.)	Picudos negros capturados por trampa (No.)
Indefinido AAAB	S	6.35 b	8.83 b	8.61 a
Indefinido AAAA	T	0.20 de	0.33 c	8.33 a
Silk	T	0.52 d	1.16 c	8.20 a
Pisang Awak	R	0.00 e	0.00 c	7.33 a
Bluggoe	T	1.09 d	1.41 c	7.11 a
Saba	R	0.00 e	0.00 c	7.00 a
Plantain Dominico Hartón	S	3.12 bc	2.78 c	6.37 a
Red	T	1.73 d	2.00 c	5.66 ab
Gross Michel	T	0.54 d	0.50 c	5.58 ab
Lujugira	T	1.67 d	2.00 c	5.45 ab
Iholena	S	11.45 a	20.66 a	5.44 ab
Musa Textilis	R	0.00 e	0.00 c	5.22 ab
Plantain Hartón Africano	T	1.32 d	1.00 c	5.07 ab
Plantain Dominico	S	2.65 bc	2.72 c	4.99 ab
Indefinido AAB	T	0.59 d	0.89 c	4.70 ab
Plantain Hartón	S	6.05 b	6.50 b	4.57 ab
Plantain Dominico Africano	S	5.39 b	5.33 b	4.56 ab
Plantain Dominico Hartón Africano	S	3.45 bc	3.33 bc	4.45 ab
Indefinido AB	T	0.73 d	0.83 c	4.44 ab
Sucrier	R	0.00 e	0.00 c	4.13 ab
Ibota	R	0.00 e	0.00 c	4.00 bc
Pelipita	T	0.10 de	0.33 c	3.84 bc
Popoulou	S	4.58 bc	4.00 bc	3.67 bc
AA. Derivados	T	0.41 d	1.00 c	3.66 bc
Cavendish	T	0.39 d	0.33 c	2.97 bc
AA Híbrido Silvestre	R	0.00 e	0.00 c	2.61 bc
AA Híbridos	T	0.41 d	0.11 c	2.59 bc
Musa Basjoo	R	0.00 e	0.00 c	2.22 cd
Malaccensis	R	0.00 e	0.00 c	2.11 cd
Zebrina	R	0.00 e	0.00 c	2.11 cd
Siamea	R	0.00 e	0.00 c	1.83 cd
Indefinido Aneuploide	T	1.45 d	0.66 c	1.78 cd
Musa Ornata (Rhodochlamys Ornata)	R	0.00 e	0.00 c	1.67 cd
Musa Itinerans (Eumusa Itinerans)	R	0.00 e	0.00 c	1.56 cd
Burmannica	R	0.00 e	0.00 c	1.44 cd
BB	T	0.10 de	0.16 c	1.17 d
Burmannicoides	R	0.00 e	0.00 c	0.67 d
Musa Velutina (Rhodochlamys Velutina)	R	0.00 e	0.00 c	0.22 d
Musa Laterita (Rhodochlamys Laterita)	R	0.00 e	0.00 c	0.00 d

* Promedio de 3 plantas por subgrupo y tres evaluaciones por planta

ploides del genoma AAB donde se incluyen el Iholena (Maritu), con un promedio de 5.45 picudos/trampa y un coeficiente de infestación de 11.45, el más alto en toda la Colección, seguido del subgrupo Plantain, donde se destaca el Dominico Hartón, Dominico y Hartón los plátanos de cocción de mayor producción en Colombia con promedio de captura entre 6.37 y 4.57 picudos/trampa y un coeficiente de infestación de 6.05 a 2.65. Finalmente aparece un cuarto grupo que atrae poco al picudo negro (un picudo/trampa), y es altamente resistente como el subgrupo Burmannicoides, *Musa Velutina* y *Musa Laterita*.

La respuesta de los materiales al ataque del picudo negro del plátano es igual a nivel mundial, donde se demuestra que los plátanos de cocción representan el grupo más susceptible al ataque de picudo negro, seguido de algunos materiales conformados por clones de banano y diferentes variantes que integran los subgrupos Plantain. Se confirma igual que a nivel mundial (Gold y Messiaen, 2000; Fogain *et al.*, 1994; Pavis y Lemaire, 1996) que las fuentes primarias de resistencia parecen encontrarse en los materiales *Musa Textilis*, Burmannicoides, *Musa Itinerans* de la Sección Eumusa AAhs, Ibota, los Acuminata, Zebrina, Malaccensis, Siamea, *Musa Ornata* y *Musa Velutina* de la Sección Rhodochlamys.

CONCLUSIONES

Los materiales del subgrupo Plantain (AAB), Dominico 300, Dominico Maqueño, Madre del Platanal, Dominico Ancuyano, Dominico Común, Dominico Hartón Común, Hartón Maqueño, Hartón Común y banano del subgrupo Gros Michel (AAA) Bocado Chino, Gros Michel Coco, Gros Michel Común, comestibles en Colombia (Lescot, 1993; Grisales y Lescot, 1999), son susceptibles al ataque de picudo negro del plátano.

RECOMENDACIÓN

Los materiales de origen del Sur Este Asiático entre otros el subgrupo *Musa Textilis* (AA) (*Musa Textilis*), Indefinido AAAA (IC2), Pisang Awak ABB (Fougamou) Saba ABB (Bendetta), podrían ser utilizados como cultivos trampa para la captura de adultos en zonas de alta incidencia de picudo negro, ya que atrajeron al insecto, pero este no causó ningún tipo de daño al cormo, este tipo de

resistencia del hospedante parece ser principalmente debido a mecanismos de antibiosis que causan altas tasas de mortalidad en etapa larval (Gold y Messiaen, 2000).

Se debe identificar los genotipos de referencia resistencia o tolerancia para el mejoramiento de las variedades comerciales dentro de un Programa de Manejo Integrado del picudo negro del plátano.

BIBLIOGRAFÍA

- CASTRILLÓN, C. 1983.** Evaluación de Dos Tipos de Trampas "Disco de Cepa" en Plátano, en el Departamento de Risaralda. X Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. SOCOLEN. Resumen Bogotá. D.C. 65 p.
- CASTRILLÓN, C. 1985.** Efectividad de Tres Insecticidas Contra el Picudo Negro del Plátano (*Cosmopolites sordidus* Germar) en Trampas "Disco de Cepa Modificado". En: Memorias Primer Simposio Internacional sobre Sanidad Vegetal del Área Andina. ICA. Bucaramanga. 17 p.
- CASTRILLÓN, C. 1987.** Reconocimiento del Picudo Negro (*Cosmopolites sordidus* Germar) del Plátano en el Departamento del Quindío. En: ICA Informa. 21 (2). Armenia. pp. 16-21.
- CASTRILLÓN, C. 1988.** Efecto del Pirimiphos Ethyl sobre Adultos del Picudo Negro (*Cosmopolites sordidus* Germar) (Coleoptera curculionidae) en Plátano Dominico Hartón (*Musa AAB* Simmonds). En: Resúmenes XV Congreso Colombiano de Entomología "SOCOLEN". Manizales. 76 p.
- CASTRILLÓN, C. 1989.** Manejo Integrado del Picudo Negro (*Cosmopolites sordidus* Germar) en Plátano y Banano en la Zona Cafetera de Colombia. Asociación para la Cooperación en Investigaciones Bananeras en el Caribe y en América Tropical. pp. 349-360. En: ACORBAT. Memorias IX. Maracaibo-Venezuela.
- CASTRILLÓN, C. 1989.** Plagas del Cultivo del Plátano. En: Curso de Actualización sobre Problemas Sanitarios en Plátano. ICA, CRECED Magdalena Medio Caldense. PNR. Plan Nacional de Rehabilitación. La Dorada. 51 p.
- CASTRILLÓN, C. 1991.** Control Químico del Picudo del Plátano (*Cosmopolites sordidus* Germar) dentro de un Programa de Manejo Integrado. pp. 147-154. En: Memorias Segundo Seminario de Actualización sobre el Cultivo del Plátano. ICA, FEDERACAFE, ASOCIA y Universidad de Caldas. Manizales.
- CASTRILLÓN, C. 1996.** Manejo Integrado del Picudo Negro del Plátano con Énfasis en la Utilización de Entomopatógenos. En: Resúmenes XXIII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN. Cartagena. 87 p.
- CASTRILLÓN, C. 2000.** Distribución de las Especies de Picudo del Plátano y Evaluación de sus Entomopatógenos Nativos en el Departamento de Risaralda. CORPOICA-Comité de Cafeteros de Risaralda-UMATA Departamento de Risaralda. Manizales. 72 p.
- CASTRILLÓN, C. 2001.** Importancia Económica, Etología y Manejo Integrado del Picudo Negro del Plátano. En: Manejo Integrado de Sigatocas, Moko y Picudo Negro del Plátano, en el Eje Cafetero. CORPOICA-Comité de Cafeteros del Quindío-UMATA-SENA Regional Quindío. Armenia. pp. 2 - 7.

- FOGAIN R.; NJOMBE C. R. B. P. y PRICES. N. and. 1994.** Varietal Screening of Some Musa Cultivars for Susceptibility to the Banana Weevil, *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae). *En: Biological and Integrated control of Highland Banana and Plantain Pest and Diseases. Proceedings of a Research Coordination Meeting* edited by C. S. Gold and B. Gemmill. Cotonou, Benin. 12-14 Nov. 1991. pp. 49 - 56.
- GOLD C. S.; P. R. SPEIJER; E. B. KARAMURA and N. D. RUKAZAMBUGA. 1994.** Assesment of Banana Weevils in East African highland Banana Systems Anstrategies for Control. pp. 170 - 190. *In: Proceedings of Banana nematode/ Borer Weevil Conference*, Kvala Lumpur, 18 - 22. April 1994. INIBAP, Los Baños, Philippines.
- GOLD S. C. y MESSIAENS, S. 2000.** El Picudo Negro del Banano *Cosmopolites sordidus*. *En: Plagas de Musa Inibap. Hoja Divulgativa* No. 4. 4 p.
- GRISALES, F. 1996.** Banano Gros Michel (AAA) en la Zona Andina Central de Colombia. *INFOMUSA*. 5 (2):18 -19.
- GRISALES, L. F. y LESCOT, T. 1999.** Encuesta Diagnóstico Multifactorial sobre Plátano en la Zona Cafetera Central de Colombia, Cenicafe, ICA, CIRAD. pp 26-28. *Boletín Técnico*. No. 18. Chinchiná.
- LESCOT, T. 1993.** La Culture Du Bananier Plantain en Colombie et Dans les Pays Andins. *Fruits Special Bananes* 49 (2): 107-114.
- PAVIS, C. y LEMAIRE, L. 1996.** Resistance of Musa germoplasm to banana borer weevil, *Cosmopolites sordidus* Germar (Coleoptera: Curculionidae). *INFOMUSA* Vol 5 No. 2. pp 3-9
- VILARDEBO, A. 1973.** Le coefficient D'infestation, Critère D'évaluation du Degrè D'attaques des Bananeries par *Cosmopolites sordidus* Germar, le Charancon Noir du Bananier. *Fruits* 28 (6) : 417-426.
- VILARDEBO, A. 1974.** Crop Assesment Methods. *FAO Manual on the Evaluation and Prevention of losses by Pest, Diseases and weeds*. Farnham Royal, Slough, U. K., Commonwealth Agricultural Bureaux, by arrangement with FAO. 240 p.

Evaluación de características agronómicas en clones híbridos de plátanos (*Musa spp.*).

***Pedro Orellana Pérez, Idalmis Bermúdez Caraballosa,
Lourdes García Rodríguez y Novisel Veitía Rodríguez***

RESUMEN

Se evaluaron en condiciones de campo seis clones híbridos de plátano originarios de la Federación de Investigaciones Agrícolas (FHIA), para conocer su comportamiento con respecto a las características del racimo, rendimiento agrícola, comportamiento frente a Sigatoka negra y ciclo vegetativo a la cosecha. Los resultados mostraron que los clones 'FHIA 20' y 'FHIA 22' presentaron el mejor comportamiento por su potencial productivo, resistencia a Sigatoka negra y mayor período entre cosecha y maduración. 'FHIA 20' presentó el menor ciclo vegetativo a la cosecha. Los clones 'FHIA 05', 'FHIA 19' y 'FHIA 21' mostraron buen potencial de rendimiento, sin embargo llegan a cosecha con todas las hojas funcionales afectadas por Sigatoka negra. Los indicadores Índice de Reducción de Hojas Funcionales (IRHF) e Índice Relativo de Infección (IRI) propuestos en el trabajo, parecen indicadores adecuados para analizar la reducción de área foliar activa desde la floración al momento de la cosecha.

Palabras claves: Plátano, híbridos, Sigatoka negra, características.

ABSTRACT

Six plantain hybrids clones obtained at the Federación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) were plated low field conditions in order to evaluate their behavior for bunches characteristics, yield, vegetative cycle and reaction to black Sigatoka. The results showed that the clones 'FHIA 20' and 'FHIA 22' presented the higher yield potential, high Sigatoka resistance and the large period between the flowering and harvest stages. 'FHIA 20' showed the minor vegetative cycle at harvest time. The clones 'FHIA 05', 'FHIA 19' and 'FHIA 21' showed good yield potential, but they arrived at harvest time with all leaf affected for black Sigatoka. The indicators Índice de Reducción de Funcional Leaf (IRHF) and Relative Infection Index (IRI) described in this article, may be a good procedure to compare the leaf area reduction from flowering to harvest time.

I

INTRODUCCIÓN

Los plátanos constituyen una importante fuente alimenticia para la población latinoamericana y las de algunos países africanos. Los clones de plátanos tipo "Horn" tradicionalmente más cultivados, han sido fuertemente afectados por la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), lo cual ha reducido notablemente la oferta de este producto en los mercados locales y de exportación. Esta es la principal enfermedad que amenaza la producción de esta fuente de alimentos y divisas (Jacome 1998). El hecho de que el cultivo de los plátanos se hace generalmente en pequeñas fincas,

en algunos lugares en regiones montañosas y muchas veces asociados a otros cultivos hace difícil el control químico de la enfermedad. Las afectaciones no sólo en el volumen de producción, sino en la calidad del producto hacen que los niveles actuales de producción no satisfagan la creciente demanda en algunos mercados locales y para la exportación.

El desarrollo de los primeros clones híbridos de plátano en la Federación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) en la década de los 90, con resistencia a Sigatoka negra y características comerciales, ofrece una esperanza para poder introdu-

* Instituto de Biotecnología de las Plantas (IBP), Universidad Central de las Villas. Carretera a Camajuaní Km. 5.5. Santa Clara, Villa Clara, Cuba. Teléfonos : 53 42 281374; 281257 y 281268. Fax: 53 42 281329 Autor para consulta: Pedro A. Orellana Pérez E-mail: porellana@uclv.edu.cu, ibporellana@netscape.net

cir nuevos clones en la producción comercial y recuperar los niveles de producción con menos costos.

Debido a su constitución genética en la cual han participado algunos clones del tipo "French" de porte alto, los nuevos híbridos de plátano requieren ser estudiados para su caracterización morfológica y comportamiento agronómico con vistas a su explotación comercial.

En el presente trabajo se exponen los resultados de la evaluación para varios caracteres agronómicos en la región central de Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios se realizaron a partir de vitroplantas micropropagadas según la metodología propuesta por Orellana (1995), realizándose las plantaciones en las empresa de Cultivos Varios "La Cuba" en la provincia de Ciego de Avila.

Se plantaron 50 plantas de cada clon híbrido en dos surcos separados a tres metros entre planta e igual distancia entre surcos. A partir del inicio de la floración se evaluaron 20 plantas en cada clon para los siguientes caracteres:

- Altura de la planta
- Número de hojas funcionales (con más del 75 % de área verde) en el inicio de la floración (NHFF).
- Número de hojas con manchas típicas de S., negra (estado 5 según la escala de Stover modificada por Gauhl (1984) en el inicio de la floración (NHCMF).
- Número de hojas funcionales(con más de 75 % de área verde) en la cosecha (NHFC),
- Número de hojas con manchas de Sigatoka. Negra en la cosecha(NHCMC)
- Número de manos por racimo.
- Longitud y diámetro del dedo central de la primera y penúltima mano.
- Días a la maduración desde la cosecha. (Segunda mano con grado de maduración 1, según la escala del descriptor para bananos, IPGRI-INIBAP/CIRAD, 1996).
- Ciclo vegetativo en días desde siembra a floración y hasta la cosecha.

Con los resultados de las evaluaciones del número de hojas funcionales y con lesiones típicas de Sigatoka negra se elaboraron dos fórmulas para determinar indicadores de la reducción de área funcional: Índice de Reducción de Hojas Funcio-

nales (**IRHF**) y el Índice Relativo de Infección por S. Negra (**IRI**) como indicador de la afectación por la enfermedad. Este último, en dependencia del número de hojas funcionales y con manchas típicas en las dos etapas, inicio de floración y cosecha del racimo.

Formulas desarrolladas:

$$\text{IRHF} = \text{NHFF}/\text{NHFC}$$

$$\text{IRI} = \text{IRHF} \times \text{NHCMC}/\text{NHFC} = \text{NHFF} \times \text{NHCMC}/(\text{NHFC})^2$$

Debido a que en la práctica productiva de Cuba, sólo se realiza una cosecha a la plantación, las evaluaciones se realizaron sólo a la planta madre.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados indicaron que con excepción del clon híbrido 'FHIA 19', que alcanzó el menor peso del racimo, el resto de los clones no difieren para este carácter. En todos los clones, el mayor peso del racimo se concentra en las primeras cuatro manos (59.71 % del peso total), mientras que el clon 'FHIA 19' alcanzó el mayor peso en este indicador, con el 71 %, lo que se justifica al observar la longitud y grosor de los dedos en la primera mano (tabla 1). La concentración del mayor peso del racimo en las primeras manos es característico de los plátanos, lo cual ratifica que en estos clones híbridos que desarrollan más de 8 manos por racimo se puedan eliminar las manos finales del mismo, posibilitando así el mayor desarrollo en longitud y diámetro de los dedos, aspecto este de gran importancia para competir con los plátanos tipo "Horn". En el resto de los caracteres del racimo no se observaron diferencias entre los clones. Arcila et al. (2000) recomiendan dejar cinco manos y realizar el desmane a los 20 días después de iniciada la floración 1ra.: Dedo central de la primera mano; Pma.: Dedo central de la penúltima mano.

Un aspecto importante a destacar es que los clones de mayor intervalo entre cosecha y maduración en condiciones naturales fueron el 'FHIA 20' y 'FHIA 22' con 11 días, mientras que 'FHIA 21' sólo tardó 8 días. Este comportamiento indica que los dos primeros presentan ventajas para el mercado local y para la exportación a distancias relativamente cortas.

Con respecto al comportamiento frente a Sigatoka negra, el IRHF nos informa que sólo el clon 'FHIA 04' que llegó a cosecha con sólo 1,3

Tabla 1, Características del racimo y rendimiento agrícola en los clones estudiados.

Clon	Peso de Racimo (Kg)	Peso de las primeras 4 manos (Kg)	% del Peso Total de racimo	Número de manos por racimo	Longitud del dedo cm		Diámetro del dedo mm		Días de Cosecha a maduración
					1ra	Pma	1ra	Pma	
'FHIA 04'	203 a	128	63	8,5	21,4	148	39,3	32,4	8
'FHIA 05'	215 a	135	63	8,6	20,8	155	39,0	33,5	8
'FHIA 19'	168 b	120	71	8,0	22,0	138	40,2	30,0	9
'FHIA 20'	206 a	121	59	9,7	19,0	140	39,8	32,0	11
'FHIA 21'	213 a	131	62	8,7	21,1	148	38,7	31,5	7
'FHIA 22'	222 a	140	61	8,6	20,0	140	41,0	31,0	11

(a, b): Medias de valores con letras no coincidentes, difieren entre sí, según la prueba de rangos múltiples de Duncan (P $\leq$ 0,05)

hojas funcionales (IRHF = 9,31), fue el clon que presentó la mayor reducción de área foliar en el proceso del llenado de los dedos en el racimo, lo que provocó un insuficiente llenado de los mismos. El resto de los clones presentaron valores inferiores y similares entre sí (tabla 2). En estos clones el número de hojas funcionales en el momento de la cosecha no fue inferior a cuatro, lo cual permitió completar el llenado de los dedos.

Con respecto al IRI los resultados indican que fue también el clon 'FHIA 04' el más afectado por la Sigatoka negra con IRI igual a 9,31 debido a que todas las hojas funcionales presentaban afectación con manchas típicas de la enfermedad, ello denota un rápido incremento del desarrollo de la enfermedad después de la floración. Los menores valores para este indicador lo presentan los clones 'FHIA 20' y 'FHIA 22' con valores de 1,38 y 1,40 respectivamente, debido a que en cosecha aun quedaban más de dos hojas funcionales sin afectación por el patógeno. Los clones 'FHIA 05', 'FHIA 19' y 'FHIA 21', aunque con valores comparativamente superiores, presentaron buen comportamiento ante la enfermedad, no obstante todas sus

hojas funcionales en el momento de la cosecha mostraban lesiones típicas de Sigatoka negra. Los resultados verifican que el tiempo de desarrollo de la enfermedad en el clon 'FHIA 04' es muy inferior al resto de los clones, comportamiento este reportado por Jone (1994).

Los resultados evidencian la factibilidad de utilizar el IRHF como expresión de la reducción de área foliar durante el proceso del llenado de los dedos y el IRI, como expresión de el tiempo de desarrollo de la enfermedad en función de la afectación del área foliar dada por el número de hojas funcionales y con manchas de Sigatoka negra al momento de la cosecha, relación que siempre ha sido difícil de cuantificar numéricamente.

Según Ortiz y Vuylsteke (1994), citados por Craenen (1998) se requieren al menos 8 hojas funcionales durante todo el ciclo e igual número sin manchas antes de la floración para garantizar un buen rendimiento.

'FHIA 20' presentó el menor ciclo vegetativo desde la plantación a la cosecha con 481 días, mientras que en el resto de los clones este osciló entre 493 y 518 días a la cosecha.

Tabla 2, respuesta de los clones a las afectaciones por Sigatoka negra.

Clon	En la floración		En la cosecha		IRHF	IRI
	NHFF	NHCFM	NHFC	NHCCM		
'FHIA 04'	121	3,13	1,3	1,3	9,31	9,31
'FHIA 05'	102	3,80	4,0	4,0	2,55	2,55
'FHIA 19'	9,0	4,0	4,0	4,0	2,25	2,25
'FHIA 20'	127	4,0	5,6	3,4	2,27	1,38
'FHIA 21'	115	4,8	4,5	4,5	2,56	2,56
'FHIA 22'	125	4,6	5,5	3,4	2,27	1,40

CONCLUSIONES

- Los clones híbridos 'FHIA 20' y 'FHIA 22', presentan un buen comportamiento en su potencial productivo, comportándose como resistentes a las afectaciones por Sigatoca negra y con el mayor periodo de tiempo entre la cosecha y maduración. El clon 'FHIA 20', además, presentó el ciclo vegetativo más corto.
- Los clones 'FHIA 05', 'FHIA 19' y 'FHIA 21' presentan también un buen potencial de rendimiento, sin embargo, el IRI nos indica que llegan a la cosecha con afectaciones en todas sus hojas funcionales por Sigatoka negra, lo cual en condiciones extremas de infección puede provocar afectaciones en el rendimiento.
- Los indicadores Índice de Reducción de Hojas Funcionales (IRHF) e Índice Relativo de Infección (IRI) propuestos en este trabajo, parecen indicadores adecuados para comparar la reducción de área foliar activa y el periodo de desarrollo de la Sigatoca negra en el periodo de floración a cosecha entre diferentes clones de plátano.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Arcila M. I., Valencia, J. A., Belalcazar, S y Morales H. 2000. Efecto del desmane sobre la calidad y la producción del híbrido de plátano FHIA 21. En: Postcosecha y Agroindustria del Plátano en el eje cafetero de Colombia. Cayón, D. G.; Giraldo G.; Arcila M.I. (Eds). CORPOICA. Universidad del Quindío, ASIPLAT, Comité Departamental de Cafeteros del Quindío, Colciencias. Fudesco, Armenia, Colombia, 270 p.
- Craenen K. 1998. Black Sigatoka disease of banana and plantain: a Reference Manual. IITA, Ibadan, Nigeria.
- Gauhl F. 1994. Epidemiology and ecology of black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) on plantain and banana in Costa Rica, INIBAP. Montpellier, France. 120 pp.
- IBGRI-INIBAP/CIRAD. 1996. Descriptors for banana (*Musa spp.*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy/International Network for the Improvement of Banana and Plantain, Montpellier, France/Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Montpellier, France.
- Jacome L. 1998. Sigatoka negra, la situación en América Latina y el Caribe. Pp. 18–23. En: Memorias Primer Simposio Internacional sobre Sigatoka Negra (M.M. Robles *et al.*, compil.). Manzanillo, Colima, México, 8-10 de julio 1998. SAGAR; INIFAP; INIBAP; Universidad de Colima; IICA.
- Jone D.R. 1994. International Musa Testing Program Phase I. En: The Improvement and testing of *Musa*: a Global Partnership. Dr. Jones (Ed.). Proceedings of the First Global Conference of international *Musa* Testing Program held at FHIA, Honduras 27-30 abril. Pp 12-20.
- Orellana P.P. 1995. Tecnología para la micropropagación *in vitro* de clones de *Musa spp.* Tesis en opción del Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, Instituto de Biotecnología de Las Plantas. Universidad Central de Las Villas, Cuba. 120 p.



Fitoprotección

syngenta

 **Dow AgroSciences**

COTECNA



Risk of spread of banana diseases in international trade and germplasm exchange

David R Jones*

A BSTRACT

Many important pathogens that affect banana have not yet reached the limits of their distribution. Isolates of the fungus *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* that wilt Cavendish cultivars in the South-East Asian tropics are seen as a significant threat to the Latin American/Caribbean region. Fungal leaf pathogens found in the Asian region that could have serious effects on production in the New World are *Mycosphaerella eumusae* and *Guignardia musae*. The bacterial pathogens causing blood disease in Indonesia and enset wilt in Ethiopia are confined geographically at the moment, but pose a threat as they are beginning to spread. The virus diseases bunchy top and bract mosaic are significant in countries where they are present and their movement to new areas should be prevented. Infected planting material is seen as the main vehicle for the long-distance dissemination of banana pathogens. The international movement of germplasm and planting material as tissue culture is viewed as a much safer option than suckers and corms. However, virus pathogens still pose a risk as they can be carried in tissue culture. Spread of pathogens can occur when banana leaves used to wrap food and protect fruit are transported. Seed and fruit may also facilitate dissemination. *Heliconia* is an important alternative host of the Moko pathogen.

INTRODUCTION

This paper has two main objectives. The first is to give the reader an appreciation of some of the serious problems that affect banana around the

world and threaten production should they be introduced to new areas. The second is to outline ways in which these diseases can spread internationally and the measures that can be taken to reduce the chances of spread. This latter topic impinges on trade and quarantine issues.

THE WORLD'S WORST BANANA DISEASES

The world's most serious banana diseases are presented in Table 1 together with general details of their distribution. A cursory glance at the table shows that while some serious diseases occur in all of the four main geographical regions, others do not. There is still scope for the spread of important pathogens between major continents. In addition, not all of these pathogens are present in all the countries in the region in which they are found so more local spread is still possible.

The first banana farmers in South-East Asia and Australasia would have selected those early edible banana clones that were palatable and gave maximum yields. This material would have propagated and disseminated between clan members and traded between ethnic groups, eventually spreading to areas outside the centre of origin. By this means, banana plants would have spread throughout tropical Asia. Later, traders and migrants are believed to have transferred banana clones from Asia to Africa. It is only in relatively recent historical times that banana plants were distributed throughout the Pacific by Polynesians and taken to the Americas by Europeans.

It is remarkable that most of the major diseases

* Consultant in International Agriculture. 12 Charlotte Brontë Drive, Droitwich Spa, Worcestershire WR9 7HU, UK

Table 1. Serious banana diseases, their causal agents and geographical distribution.

Disease	Causal Agent	Australasia/ Pacific	Mainland Asia	Africa	Latin America/ Caribbean
Fusarium wilt of 'Gros Michel' and 'Bluggoe'	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cubense</i> races 1 and 2	+	+	+	+
Fusarium wilt of Cavendish cultivars in the tropics	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cubense</i> tropical race 4	+	+	-	-
Sigatoka/yellow Sigatoka	<i>Mycosphaerella musicola</i>	+	+	+	+
Black leaf streak/black Sigatoka	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	+	+	+	+
Eumusae leaf spot	<i>Mycosphaerella eumusae</i>	-	+	+	-
Freckle	<i>Guignardia musae</i>	+	+	?	?
Moko	<i>Ralstonia solanacearum</i> race 2	+	-	-	+
Blood	<i>Ralstonia</i> sp.	+	-	-	-
Bacterial wilt of Enset	<i>Xanthomonas capestris</i> pv. <i>musacearum</i>	-	-	+	-
Bunchy top	<i>Banana bunchy top virus</i>	+	+	+	-
Bract mosaic	<i>Banana bract mosaic virus</i>	+	+	-	-
Banana streak	<i>Banana streak virus</i>	+	+	+	+
Banana mosaic	<i>Cucumber mosaic virus</i>	+	+	+	+
Burrowing nematode	<i>Radopholus similis</i>	+	+	+	+
Root lesion nematode	<i>Pratylenchus coffeae</i>	+	+	+	+
Root lesion nematode	<i>Pratylenchus goodeyi</i>	+	-	+	-
key: + recorded; - not recorded; ? records questionable					

that affect banana today were not spread world-wide during periods of crop dissemination. Was it because most serious pathogens had not evolved to attack cultivated banana at this time or was it because they were isolated in remote areas of cultivation?

Most of the important diseases that threaten banana cultivation today began to spread and become important in the 20th century following improvements in methods of shipping fruit, which led to commercial export production. During this period, a few genotypes were extensively planted and planting material was transported between locations on an unprecedented scale. The resulting monoculture over wide areas set the scene for the development of disease epidemics.

FUSARIUM WILT

Fusarium wilt is a lethal disease of the banana's vascular system caused by the fungus *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Ploetz and Pegg, 2000). It is likely that the disease was afflicting susceptible banana cultivars in many locations around the world by the time it was first described on the

highly susceptible cultivar 'Silk' in Australia in 1876 (Bancroft, 1876). *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* may have been affecting banana rhizomes very early in the evolution of the crop and, as an exception to the general rule, may have been carried to new areas in the first waves of transported germplasm. The pathogen can be carried without symptoms, but even symptoms on corms of susceptible cultivars may not have been associated in pre-scientific cultures with the later decline and death of plants.

It was only after commercial production of the cultivar 'Gros Michel' started in the Americas late in the 19th century that the disease reached prominence. Here it acquired the name Panama disease after the country where it first caused extensive damage. Although the pathogen was almost certainly moved around and increased in the Americas with 'Gros Michel' planting material, it is highly likely that it pre-existed in many locations in small plantings of cultivars like 'Silk', which were introduced in colonial times. Luckily for the industry, a commercially acceptable cultivar resistant to populations of *F. oxysporum* f. sp.

cubense present in the Americas was found in the form of the Cavendish cultivar 'Valery'.

Since the turn of the 20th century, *F. oxysporum* f. sp. *cubense* has been recognised in most banana-growing areas with the notable exception of islands in the South Pacific, parts of Melanesia, countries around the Mediterranean Sea and Somalia (Stover and Simmonds, 1987; Pegg *et al.*, 1993). Although its initial spread to many countries may have happened many years ago, it continues to spread even today. Circumstantial evidence indicates that migrants from Java may have introduced the pathogen into the island of New Guinea fairly recently.

Perhaps the greatest threat to export banana production comes from Cavendish-attacking populations of the Fusarium wilt pathogen designated *F. oxysporum* f. sp. *cubense* tropical race 4. Luckily, populations of this particular form of the pathogen have not spread outside the South-East Asian/Australasian region. If this pathogen were to establish and spread in the Latin American/Caribbean region then Cavendish cultivation would become uneconomical just as the production of 'Gros Michel' became uneconomical in the 1950s. However, this scenario of total destruction of export crops should not eventuate today. An outbreak of Fusarium wilt on a commercial plantation of Cavendish in the Latin American/Caribbean region would almost certainly be quarantined. In addition, the industry would by necessity replant exclusively with plants derived from tissue-cultured to avoid dissemination of the pathogen with traditional planting material. The practice of annual cropping, which is gaining popularity in Taiwan and the Philippines, would also be expected to reduce the effects of the disease.

SIGATOKA DISEASES

Sigatoka/yellow Sigatoka disease, caused by a foliage-killing fungus *Mycosphaerella musicola*, became the second major problem on export plantations after Fusarium wilt. It reached the maximum extent of its distribution and potential to cause economic loss during its period of global expansion in the 1930s-1960s. The pathogen must have been originally quite restricted in its distribution in South-East Asia before exploding on to the international scene. What caused this explosion? Was it a mild pathogen that evolved and

became much more pathogenic around the time of its first record in Java (Zimmermann, 1902) and then took advantage of pathways of spread facilitated by modern man's improved transport systems? Although intercontinental spread by aerial dissemination was suggested (Stover, 1962), this now seems unlikely given that ascospores quickly lose their viability on exposure to UV light (Parnell *et al.*, 1998). Dispersal by the movement of diseased planting material seems much more likely (Jones, 2000b).

Black leaf streak/black Sigatoka, which is caused by *M. fijiensis*, is presently the most important leaf spot disease of banana. It is now approaching the full extent of its range of distribution, having begun its global spread from the South-East Asian/Pacific region in the early 1970s (Carlier *et al.*, 2000a). The only significant Cavendish production areas free of this leaf spot are in the French Antilles, the Windward Islands, the Canary Islands, India and Australia. More virulent than Sigatoka/yellow Sigatoka and attacking a wider range of genotypes, it is now the most significant problem on commercial Cavendish clones. The costs of chemical control are high and resistance to some active ingredients of serious concern. Genetic engineering has been promoted as the only way of improving Cavendish cultivated for export, but consumer resistance to genetically modified foods is going to be a limitation for sometime to come even if a resistant clone is bred.

The latest Sigatoka-type disease to be documented has been given the name eumusae leaf spot. It is caused by *M. eumusae*. This pathogen is sufficiently different in morphology and in sequences of the ITS of ribosomal DNA from *M. musicola* and *M. fijiensis* to be a distinct species (Carlier *et al.*, 2000b,c; Crous and Mourichon, 2002). First recognised from specimens collected in India in 1992, the pathogen has since been found to be present in Sri Lanka, West Malaysia, Thailand, Vietnam, Mauritius and Réunion. Recently re-examined herbarium specimens from Nigeria, suggest that it was present in that country in 1989 (Carlier *et al.*, 2000b,c). *Mycosphaerella eumusae* undoubtedly has a wider distribution range in Asia and perhaps Africa, but this needs to be determined. Like *M. fijiensis*, the pathogen attacks banana clones in the Cavendish and Plantain subgroup. It has also been recorded on

‘Mysore’ (AAB), a cultivar resistant to *M. fijiensis*. It is too early to determine if this leaf spot pathogen poses a more significant threat than *M. fijiensis*, but its introduction to areas where it does not yet occur should be avoided.

FRECKLE

Freckle is a disease that is primarily found in the Asian and Australasian/Pacific regions. It is caused by *Guignardia musae*, a fungus that is better known under its anamorph name of *Phyllostica musarum* (syn. *Phyllostictina musarum*) (Jones, 2000a; Jones and Stover, 2000). The pathogen is as significant a problem in export plantations of Cavendish cultivars in Taiwan and the Philippines as black leaf streak/black Sigatoka. ‘Pisang Berangan’ (AAA, syn. ‘Lakatan’) is also seriously affected when grown in plantations in West Malaysia. In addition, plantain is known as a host in South-East Asia. As well as leaves, the peel of fruit is attacked. Unsightly blemishes reduce the market value of export fruit so strict controls are employed to reduce its effects. Although *G. musae* has been recorded in the Caribbean, typical symptoms have not been seen in this region. It is possible that misidentifications have been made in the past (Jones, 2000a). This pathogen is another that needs to be excluded from Latin American/Caribbean growing areas.

BACTERIAL DISEASES

The lethal vascular disease Moko, caused by soil-borne *Ralstonia solanacearum* race 2, has been a problem in commercial banana plantations in Central America and parts of South America and the Caribbean since it first appeared in Trinidad the 1890s (Rorer, 1911). Insects can carry the pathogen from diseased plants to the flowers of nearby plants. Man’s activities, such as pruning and movement of suckers, also helps spread. A number of strains with different cultural, epidemiological and host range characteristics have been recognised (Thwaites *et al.*, 2000). The only authenticated occurrence of Moko outside the Latin American/Caribbean region has been in the Philippines. An outbreak on Cavendish in export plantations on Mindanao has been attributed to the importation of planting material from Honduras in 1968 (Buddenhagen, 1994). However, reports of the non-lethal, bacterial disease bugtok, which mainly affects fruit of the cooking banana clones ‘Saba’ (ABB) and ‘Cordaba’

(ABB) in the Philippines, and is also caused by *R. solanacearum* race 2, predates this event. One explanation is that there may have been two separate introductions of the same pathogen into the Philippines from the Latin American/Caribbean region.

Blood disease has similar effects to Moko in that affected plants are usually killed. This disease, which has only been reported from Indonesia, is caused by a soil-borne bacterium that has not been officially classified. A formal description of the pathogen, which has some characteristics similar to *R. solanacearum* race 1 and some similar to *Pseudomonas syzygii*, is required (Thwaites *et al.*, 2000). Like Moko, blood disease is believed spread by planting material, insects and pruning. Gauman (1921) examined over 100 banana cultivars and found none to be resistant. Blood disease has increased its area of distribution within Indonesia in recent years. Further spread, especially to the Latin American/Caribbean region, needs to be prevented.

The latest serious bacterial problem to spread that affects banana is bacterial wilt of enset caused by *Xanthomonas campestris* pv. *musacearum* (Thwaites *et al.*, 2000). Until recently, this bacterium was confined to Ethiopia where it causes a vascular wilt of cultivated enset (*Ensete ventricosum*) and occasionally banana. However, in 2001, there was an outbreak on banana in Bulyanti village in the Mukono district of central Uganda, which was cause for concern. Some farmers experienced total loss of crop (M. Rutherford, CABI, 2002, personal communication). Like Moko and blood disease, bacterial wilt of enset is spread locally by cultural practices and long distances by the movement of infected planting material. It most likely reached Uganda from Ethiopia by means of human activities. This disease must be prevented from spreading further.

VIRUS DISEASES

The most serious virus disease of banana is bunchy top caused by *Banana bunchy top virus*, which is transmitted locally by *Pentalonia nigronervosa*, the black banana aphid (Thomas and Iskra-Caruana, 2000). The first recorded outbreaks of bunchy top were in Cavendish plantations in Fiji in 1889, but it was most present at this South Pacific location much earlier (Magee, 1953). The origin of

bunchy top is still a mystery. However, one can speculate that farm labourers, who migrated to Fiji in colonial times to service the local sugarcane industry, may have carried infected Cavendish propagating material from the Indian subcontinent. However, this theory was never raised as a possibility by the noted Australian bunchy top researcher C.J.P. Magee, who in fact suggested that the disease may have reached Sri Lanka in planting material from Fiji (Magee, 1953).

In the 1920s, bunchy top threatened to destroy the Australian banana industry, which was only saved by the identification of an aphid-borne virus as the causal agent and the application of strict quarantine controls. These controls, which are still in force today, prevent the disease becoming a major constraint to production. Bunchy top has never been eradicated from any country where it occurs. It is a continuing problem in commercial export plantations in the Philippines. Exclusion is the best means to avoid the effects of the disease. The virus should never be allowed entry to the Latin American/Caribbean growing region.

Bract mosaic disease was first recognised in 1979 and named in 1988 (Frison and Putter, 1989). Symptoms of bract mosaic, which is caused by *Banana bract mosaic virus*, have been seen in the Indian subcontinent and in the Philippines (Thomas *et al.*, 2000). So named because conspicuous mosaics in the bracts are an obvious symptom, bract mosaic has been reported to cause losses of up to 40% in cooking bananas in the Philippines. In commercial plantations of Cavendish in the Philippines, there is a correlation between bract mosaic and high fruit rejection rates due to misshapen fingers. In India, the French plantain cultivar 'Nendran' is particularly susceptible. Distorted suckers, undersized fruit and brittle petioles and peduncles are reported to be symptoms of the disease known locally as kokkan (Thomas *et al.*, 2000). The disease is transmitted within plantations by aphids, including *P. nigronevosa*, and long distances by the movement of planting material. Bract mosaic is another serious disease that should be prevented from reaching the Latin American/Caribbean region.

Banana streak, caused by *Banana streak virus*, has been found on every banana-producing continent, especially in cultivars with an AAB genome, such as plantain. Symptoms resemble

those of banana mosaic and as such the disease was first described in Cavendish in the Côte d'Ivoire (Yot-Dauthy and Bové, 1966). However, unlike all but the most severe strains of banana mosaic, streaks on leaves usually turn necrotic. In addition, necrosis can be seen on the leaf midrib and petiole. Other symptoms can include, pseudostem base splitting, internal necrosis of the pseudostem, aberrant bunch emergence, reduced bunch size, distortion of the fingers, fruit peel splitting and necrotic fruit spots. Symptoms have been found to be periodic being more pronounced after temperature fluctuations, such as occur between seasons. At times, symptoms may be absent. Effects of the disease seem to increase as the number of crop cycles increases. Spread of the disease occurs by mealybug vector locally and in propagating material over longer distances. In commercial situations, banana streak has been reported as a major problem in some plantations in the Los Rios area of Ecuador. There, infection results in basal splitting of Cavendish, which increases susceptibility to bacterial infection. In India, plots of 'Poovan' ('Mysore', AAB) in Tamil Nadu have to be replanted every three years because of loss of productivity. Planting material of 'Mysore' is almost totally infected by *Banana streak virus* in India. Infection is usually high in plantain also. Genomic sequences of the virus capable of giving rise to infection are integrated into the B genome of cultivated banana. Infections can arise during *in vitro* propagation and are believed related to stress factors. This phenomenon has caused complications for breeding programmes (Lockhart and Jones, 2000b).

Banana mosaic is caused by *Cucumber mosaic virus* and has been reported world-wide. Infection occurs when the virus is transmitted by aphid vector from weed hosts, such as *Commelina*, or crop hosts, such as cucurbits, to young banana plants. Symptoms include line patterns and chlorotic mosaics on leaves and fruit. Severe strains cause necrosis first evident in the cigar leaf, leaf distortion and loss of yield. Symptoms are said to be more severe in the winter (Stover, 1972), but this may have arisen from the time when they were confused with those of banana streak. Following an increase in the use of tissue culture-derived planting material, incidences of banana mosaic in new plantations has also increased (Lockhart and Jones,

2000a). Low lying, succulent young banana plants are believed more attractive to the aphid vector than traditional planting material.

NEMATODE PATHOGENS

The burrowing nematode (*Radopholus similis*) is found practically everywhere Cavendish cultivars are grown. It results in a weakened root system that results in yield reductions and uprooting. Losses in commercial plantations have been estimated to be between 75 and 5% depending on the soil conditions, especially fertility, control practices and climatic conditions. Isolates differing in their pathogenicity have been identified (Sarah, 2000) and efforts should be made to prevent further dissemination.

The root lesion nematodes *Pratylenchus coffeae* and *P. goodeyi* occur widely, but not universally, on banana throughout the tropics. However, they are not commonly found on commercial plantations of Cavendish cultivars. Of the two, *P. coffeae* is more widespread. It has been reported to cause up to 60% losses in plantain crops in places in Africa. *Pratylenchus goodeyi* seems adapted to cooler climates and is the most serious pathogen at elevations above 700m in Cameroon. *Pratylenchus* species cause damage to roots and corms is identical to that of *R. similis* (Gowen,

2000). Again, further spread of these nematodes should be avoided.

INTERNATIONAL DISSEMINATION OF THE WORLD'S WORST BANANA DISEASES

Natural spread of the serious banana diseases is usually slow. Those fungal pathogens that produce windborne spores, such as the *Mycosphaerella* species that cause the Sigatoka diseases, have more chance than others to naturally disseminate. However, the main agent of spread of the pathogens responsible for the world's worst banana diseases is man. The ways in which these pathogens can be transported in different types of banana material is outlined in Table 2.

The movement of planting material, such as suckers and corm pieces, provides the greatest opportunities for disease dissemination. This movement was probably responsible for the intercontinental spread of all the widespread pathogens listed in Table 1. It was also the most likely means of spread of Moko disease from Latin America to the Philippines, blood disease between Indonesian islands and bacterial wilt of enset between Ethiopia and Uganda. The movement of new germplasm from country to country as conventional planting material is now regarded as

Table 2. Possibility of pathogens causing banana diseases infecting various types of banana material

Banana Disease	Banana Material					
	Suckers (with attached leaves)	Corms or corm pieces	Sterile tissue cultures	Seed	Leaves (used as decoration or to wrap food)	Fruit
Fusarium wilt	+	+	-	-	-	-
Sigatoka/yel low Sigatoka	+	-	-	-	+	-
Black leaf streak/black Sigatoka	+	-	-	-	+	?
Eumusae leaf spot	+	-	-	-	+	-
Freckle	+	-	-	-	+	+
Moko	+	+	-	-	+	+
Blood	+	+	-	-	+	+
Bacterial wilt of enset	+	+	-	-	+	?
Bunchy top	+	+	+	-	+	?
Bract mosaic	+	+	+	-	+	?
Banana streak	+	+	+	+	+	?
Banana mosaic	+	+	+	+	+	?
Burrowing nematode	+	+	-	-	-	-
Root lesion nematodes	+	+	-	-	-	-

Key: + pathogen causing the disease can be infecting the material
 - pathogen causing the disease cannot infect the material
 ? pathogen causing the disease may infect the material, but proof is lacking or needs confirmation

extremely dangerous and should be avoided at all costs.

TISSUE CULTURE

The movement of banana germplasm as sterile tissue culture is much less dangerous. It significantly reduces the chances of material being transported that is infected with fungi, bacteria and nematodes. However, there is a risk that virus pathogens could be carried within the *in vitro* plants. Plants selected as sources of meristems for tissue culturing need to be tested for viruses to ensure freedom from virus infection (Diekmann and Putter, 1996). Therapeutic techniques have been developed that will remove some viruses from meristem cultures and research is in progress to solve remaining problems. However, these methods are/will be complicated and are not likely to be available as routine procedures for commercial consignments. They have an application in removing viruses from valuable germplasm stocks, such as bred hybrids, that presently cannot be exploited because of infection.

BANANA SEED

Seed is not commercially utilised as banana planting material and is only infrequently moved internationally. However, there is evidence that *Banana streak virus* and *Cucumber mosaic virus* may be seed transmitted (Table 2). Plants arising from seed should be tested for these viruses unless the mother plants have been tested. In addition to viruses, it has been considered likely that seed may be contaminated externally with pathogenic bacteria, such as *Ralstonia solanacearum* race 2. Seed entering Australia has to be surface disinfected with a 5% sodium hypochlorite solution for 10 minutes at room temperature. This recommendation has been endorsed by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (Diekmann and Putter, 1996).

BANANA LEAVES AND FLOWERS

In some societies, banana leaves are used as ornaments on special occasions and for wrapping foods. In most banana producing countries, banana leaves are used to cushion and protect banana fruit from the sun during transportation from places of production to market. The long distance

movement of leaves that could be infected by pathogens is viewed as a quarantine risk. The spread of black leaf streak/black Sigatoka in Central America may have been accelerated when plantains and green reject export bananas cushioned by infected leaves were trucked across international borders (Stover, 1980). Imported banana leaves and leaf trash should be destroyed. Leaf trash may be found in boxes of commercially packed banana fruit.

It is possible that cut flowers of ornamental *Musa* species, such as *M. ornata* and *M. velutina*, could be traded internationally. The quarantine risks associated with this trade have not been evaluated. Usually, wild *Musa* species have a high resistance to the pathogens that attack cultivated banana.

BANANA FRUIT

Fruit may also carry disease. Freckle, Moko and blood diseases are obvious examples. The pathogens causing these diseases are known to infect fruit. A recent paper from Venezuela suggests that small sporulating lesions of *M. fijiensis* can form on fruit of 'Harton' (AAB, Plantain subgroup) (Cedeno *et al.*, 2000). However, Sigatoka lesions have never been reported on fruit of Cavendish cultivars.

If infected fruit or the peel of infected fruit is discarded in the vicinity of banana plants, there is a possibility that these pathogens would establish. Ascospores of *G. musae* could be actively discharged into air currents. Bacterial pathogens could find their way to banana roots. It has been suggested that blood disease may have been introduced to Java with fruit from Sulawesi that was discarded when found to be diseased (Thwaites *et al.*, 2000). It is also likely that fruit from a plant with a systemic virus disease would contain virus particles. However, the chances of the appropriate insect vector feeding on the peel of a discarded banana and then moving to a banana plant and feeding is an unlikely event. A viruliferous insect vector hitchhiking with banana produce may have a better chance of passing on the infection.

The risk from spores of banana pathogens carried passively on or with fruit is also a quarantine consideration. Research in Brazil has found that large numbers of conidia of *M. fijiensis* are present on the surfaces of fruit of 'Prata Anã' (AAB, Pome

subgroup) from areas where black leaf streak/black Sigatoka is present. These spores retain their viability for 18 days. On cardboard and polyethylene surfaces, such as is used in packaging banana fruit, viability of spores has been found to extend to 30 days (L. Gasparotto, EMBRAPA, 2002, personal communication). However, it is difficult to show that spores in these situations would initiate infections. One would suppose that there is a chance that conidia on fruit and packaging discarded in banana plots could be splashed onto leaves during rainstorms.

The shipment of fruit from commercial plantations in Mindanao in the Philippines to Australia has recently been deemed by the Australian quarantine authorities to carry too great a risk of introducing Moko, freckle and black leaf streak/black Sigatoka diseases. As a consequence, an application to import fruit into Australia from the Philippines has recently been rejected.

ALTERNATIVE HOSTS OF BANANA PATHOGENS

Alternative hosts of banana pathogens may also provide a means of entry into a new country (Jones and Diekmann, 2000). Luckily, most banana pathogens seem specific to *Musa* and few have been found to infect hosts in other genera. A notable exception is *R. solanacearum* race 2, the cause of Moko disease, which also infects *Heliconia* species. In 1989/90, a survey of 20 *Heliconia* nurseries in Hawaii found five with plants affected by heliconia wilt. Bacteria isolated from some plants were pathogenic on banana. Fortunately, the problem was discovered before spread of Moko to the local banana industry occurred. A tightening of quarantine regulations was proposed (Ferreira *et al.*, 1991). At about the same time, *R. solanacearum* race 2 was found in northern Queensland in Australia causing a wilt of ornamental *Heliconia* imported from Hawaii (Akiew and Hyde, 1993). Prompt quarantine action resulted in the eradication of the pathogen before banana plants in the area could be infected. These incidents show the importance of strict quarantine procedures to ensure that *Heliconia* moving in the international trade is free of bacterial infection.

Ensete ventricosum (enset) is a host of *Xanthomonas campestris* pv. *musacearum*, which

also kills banana. It is not known whether other species of *Ensete*, which could be traded as unusual ornamentals, are susceptible. Caution would be the best policy until more is known. Certainly any *Ensete* and *Musa* from Ethiopia should be considered as a possible host. Enset may also be a host of *Banana streak virus*, though this has not been proven (Tessera and Quimio, 2000).

It is known that *Musa textilis* (abacá) is susceptible to bunchy top and bract mosaic in the field. Species in the genera *Alpinia*, *Alocasia*, *Colocasia*, *Hedychium*, *Heliconia* and *Strelitzia* have either been suspected or implicated as alternative hosts of *Banana bunchy top virus*, but there is still no definite proof that any of them are hosts (Thomas and Iskra-Caruana, 2000).

Sugarcane bacilliform virus, which is closely related to *Banana streak virus*, occurs widely in sugarcane (Lockhart and Jones, 2000b). The virus also infects banana after transmission by mealybug vector to give symptoms similar to those of banana streak. Sugarcane could be a potential source of inoculum of virus that affects banana (Jones and Diekmann, 2000).

REFERENCES

- Akiew, E. and Hyde, K.D. (1993) First detection of *Pseudomonas solanacearum* race 2, strain SFR, on *Heliconia* in Australia. *Plant Disease* 77, 319.
- Bancroft, J. (1876) Report of the board appointed to enquire into the cause of disease affecting livestock and plants. Queensland 1876. *Votes and Proceedings* 1877 (3), 1011-1038.
- Buddenhagen, I.W. (1994) Banana diseases caused by bacteria. In Ploetz, R.C., Zentmyer, G.A., Nishijima, W.T., Rohrbach, K.G. and Ohr, H.D. (eds.) *Compendium of Tropical Fruit Diseases*. APS Press, St. Paul, Minnesota, USA, pp. 15-17.
- Carlier, J., Fouré, E., Gauhl, F., Jones, D.R., Lepoivre, P., Mourichon, X., Pasberg-Gauhl, C. and Romero, R.A. (2000a) Fungal diseases of the foliage. Black leaf streak. In: D.R. Jones (ed.) *Diseases of Banana, Abacá and Enset*, CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 37-79.
- Carlier, J., Mourichon, X. and Jones, D.R. (2000b) Fungal diseases of the foliage. Septoria leaf spot. In: D.R. Jones (ed.) *Diseases of Banana, Abacá and Enset*, CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 120-125.
- Carlier, J., Zapater, M.F., Lapeyre, F., Jones, D.R. and Mourichon X. (2000c). Septoria leaf spot of banana: a newly discovered disease caused by *Mycosphaerella eumusae* (anamorph *Septoria eumusae*) *Phytopathology* 90, 884-890.
- Cedeno, L., Carrero, C. and Quintero, K. (2000) Identification of *Mycosphaerella fijiensis* as the cause of specks on plantain cv Harton fruits in Venezuela. *Fitopatología Venezolana* 13, 6-10.
- Crous, P. and Mourichon X. (2002) *Mycosphaerella eumusae*

- and its anamorph *Pseudocercospora eumusae* spp. nov.: causal agent of eumusae leaf spot disease of banana. *Sydowia* 54, 35-43.
- Diekmann, M. and Putter, C.A.J. (1996) *FAO/IPGRI Technical guidelines for the Safe Movement of Germplasm*, No. 15, *Musa spp.*, 2nd edn. Food and Agriculture Organisation of the United Nations/Plant Genetic Resources Institute, Rome Italy, 26pp.
- Ferreira, S., Pitz, K., Alvarez, A. and Isherwood, M. (1991) Heliconia wilt in Hawaii. *Phytopathology* 81, 1159.
- Frison, E.A. and Putter, C.A.J. (1989) *FAO/IBPGR Technical Guidelines for the Safe Movement of Musa Germplasm*. Food and Agriculture Organisation of the United Nations/International Bureau of Plant Genetic Resources, Rome, Italy, 23pp.
- Gaumann, E. (1921) *Onderzoekingen over de bloedziekte der bananen op Celebes II* (Investigations on the blood-disease of bananas in Celebes II). Mededeelingen van het Instituut voor Plantenziekten No 59.
- Gowen, S.R. (2000) Nematode pathogens. Root-lesion nematodes. In: D.R. Jones (ed.) *Diseases of Banana, Abacá and Enset*, CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 303-306.
- Jones, D.R. (2000a) Diseases of the foliage. Freckle. In: D.R. Jones (ed.) *Diseases of Banana, Abacá and Enset*, CABI Publishing, Wallingford, UK, pp.120-125.
- Jones, D.R. (2000b) Fungal diseases of the foliage. Sigatoka. In: D.R. Jones (ed.) *Diseases of Banana, Abacá and Enset*, CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 79-92.
- Jones, D.R. and Diekmann, M. (2000) Safe movement of *Musa* germplasm. In: D.R. Jones (ed.) *Diseases of Banana, Abacá and Enset*, CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 409-423.
- Jones, D.R. and Stover, R.H. (2000) Fungal disease of banana fruit. Preharvest diseases. In: D.R. Jones (ed.) *Diseases of Banana, Abacá and Enset*, CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 173-190.
- Lockhart, B.E.L. and Jones, D.R. (2000a) Diseases caused by viruses. Banana mosaic. In: D.R. Jones (ed.) *Diseases of Banana, Abacá and Enset*, CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 256-263.
- Lockhart, B.E.L. and Jones, D.R. (2000b) Diseases caused by viruses. Banana streak. In: D.R. Jones (ed.) *Diseases of Banana, Abacá and Enset*, CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 263-274.
- Magee, C.J.P. (1953) Some aspects of the bunchy top disease of banana and other *Musa* spp. *Journal and Proceedings of the Royal society of New South Wales* 87, 3-18.
- Parnell, M., Burt, P.J.A. and Wilson, K. (1998) The influence of exposure to ultraviolet radiation in simulated sunlight on ascospores causing black Sigatoka disease of banana and plantain. *International Journal of Biometeorology* 42, 22-27.
- Pegg, K.G., Moore, N.Y. and Sorensen, S. (1993) Fusarium wilt in the Asian Pacific region. In: Valmayor, R.V., Hwang, S.C., Ploetz, R.C., Lee, S.W. and Roa, V.N. (eds) *Proceedings: International Symposium on Recent Developments in Banana Cultivation Technology*, Taiwan Banana Research Institute, Chiujung, Pingtung, Taiwan, 14-18 December 1992. INIBASP/ASPNET, Los Baños, Laguna, Philippines, pp. 255-269.
- Ploetz, R.C. and Pegg, K.G. (2000) Fungal diseases of the root, corm and pseudostem. Fusarium wilt. In: D.R. Jones (ed.) *Diseases of Banana, Abacá and Enset*, CABI Publishing, Wallingford, UK, pp.143-159.
- Rorer, J.B. (1911) A bacterial disease of bananas and plantains. *Phytopathology* 1, 45-49.
- Sarah, J.L. (2000) Nematode pathogens. Burrowing nematode. In: D.R. Jones (ed.) *Diseases of Banana, Abacá and Enset*, CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 295-303.
- Stover, R.H. (1962) Intercontinental spread of banana leaf spot (*Mycosphaerella musicola* Leach). *Tropical Agriculture (Trinidad)* 29, 327-338.
- Stover, R.H. (1972) *Banana, Plantain and Abaca Diseases*. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, UK, 316pp.
- Stover, R. H. (1980) Sigatoka leaf spots of banana and plantain. In: Krigsvold, D.T. and Woods, T.L. (eds) *Proceedings of the Sigatoka Workshop, 18-19 February 1980, La Lima, Honduras*. United Fruit Company, La Lima, Honduras, pp 1-8.
- Stover, R.H. and Simmonds, N.W. (1987) *Bananas*, 3rd edn. Longmans Scientific and Technical, Harlow, Essex, UK, 468pp.
- Tessera, M and Quimio, A.J. (2000). Diseases caused by virus. Enset streak. In: D.R. Jones (ed.) *Diseases of Banana, Abacá and Enset*, CABI Publishing, Wallingford, UK, p. 283.
- Thomas, J.E. and Iskra-Caruana, M.L. (2000) Diseases caused by viruses. Bunchy top. In: D.R. Jones (ed.) *Diseases of Banana, Abacá and Enset*, CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 241-253.
- Thomas, J.E., Iskra-Caruana, M.L., Magnaye, L.V. and Jones, D.R. (2000) Diseases caused by viruses. Bract mosaic. In: D.R. Jones (ed.) *Diseases of Banana, Abacá and Enset*, CABI Publishing, Wallingford, UK, pp.253-255.
- Thwaites, R., Eden-Green, S.J. and Black, R. (2000) Diseases caused by bacteria. In: D.R. Jones (ed.) *Diseases of Banana, Abacá and Enset*, CABI Publishing, Wallingford, UK., pp. 213-239.
- Yot-Dauthy, D. and Bové, J.M. (1966). Mosaïque du bananier. Identification et purification de diverses souches du virus. *Fruits* 21, 449-466.
- Zimmerman, A. (1902) Über einige tropischer Kulturpflanzen beobachtete Pilze. *Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten und Hygiene* 8, 219 (abstract)

Generación de banano (C.V. Gran Nain) transgénico conteniendo genes antifúngicos para conferir resistencia contra Sigatoka Negra.

Generation of transgenic banana (cv. gran nain) containing antifungal genes as a means to confer resistance to Black Sigatoka

Miguel A. Gómez Lim, José Antonio Gonzalez, Juan Luis Ortiz, María Elena Aguilar, Jorge Sandoval

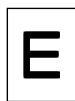
RESUMEN

El banano y el plátano representan cultivos muy importantes a nivel mundial y particularmente en América Latina, ya que juegan un papel socio-económico fundamental en muchos países de nuestro continente. Sin embargo, existen varios problemas agronómicos que no han podido ser resueltos por técnicas convencionales, como las enfermedades fúngicas (en particular la Sigatoka negra) y las pérdidas postcosecha.

La biotecnología ofrece una serie de posibilidades que pueden dar solución a muchos de estos problemas. En diversos laboratorios en América Latina se está aplicando con éxito esta tecnología para poder generar plantas con resistencia a diversos hongos. En un trabajo de colaboración entre instituciones Latinoamericanas se lograron generar bananos transgénicos conteniendo genes antifúngicos de otras plantas. En ensayos *in vitro*, se logró determinar que extractos crudos de las plantas obtenidas podían inhibir el crecimiento de *Fusarium* spp. Actualmente las plantas se encuentran en pruebas de campo para determinar su resistencia a la Sigatoka negra.

ABSTRACT

Bananas and plantains are one of the world's major food crops and an important source of export earnings for many countries. This is particularly true in Latin America where they are also an important staple food. However, diseases, such as black sigatoka, and postharvest losses limit the yield of the crop. A solution to these severe agronomic problems has not been provided by conventional plant breeding. Therefore, the use of biotechnology represents a new alternative to try and solve some of these problems. Consequently, several laboratories in Latin America are currently engaged in the production of transgenic banana plants with enhanced resistance to fungal infection. In a collaborative work, we have been able to generate transgenic bananas containing antifungal genes from other plants. Crude extracts from the plants showed inhibition to *Fusarium* spp. in *in vitro* assays. The plants are currently in field trials to try and determine resistance to Black Sigatoka.



INTRODUCCIÓN

Importancia del cultivo

El plátano (aunque existe la distinción en muchos países entre plátano y banano en este texto se usará la palabra plátano para referirse a ambos) ocupa el cuarto lugar en consumo y en importancia económica, además de ser el fruto tropical más importante del mundo. América Latina es la mayor región productora de plátanos en el mundo con

alrededor de 7.3 millones de toneladas anuales, con un valor promedio estimado de cerca de 2,000 millones de dólares.

La obtención de variedades comerciales mejoradas mediante el procedimiento convencional ha sido muy limitada, debido a los altos niveles de esterilidad y poliploidía que presentan los diferentes cultivares. Aunque el desarrollo e introducción de los FHAs en diversos países representa una posible solución a este problema, la calidad del fruto de estos nuevos clones, en ningún caso su-

* Departamento de Ingeniería Genética, CINVESTAV-Irapuato, Km 9.6 carretera Irapuato-León, Apartado Postal 629, Irapuato, GTO. México, 36500. Departamento de Biotecnología, CATIE, Turrialba, Costa Rica y CORBANA, Costa Rica. Tel. 52-462-62-396-00. Fax: 52-462-62-396-50. mgomez@ira.cinvestav.mx

pera a la del Gran Enano.

Como su reproducción es asexual (vegetativa) las técnicas de cultivo de tejidos *in vitro* representan un gran potencial para la obtención de variedades resistentes a plagas y enfermedades así como de variedades con mejores características para el manejo postcosecha. Por esa razón, en muchos centros de investigación se han desarrollado las técnicas que permiten que un gran número de plantas sean micropropagadas en laboratorios comerciales para ser sembradas en el campo lo que resulta en grandes beneficios económicos.

Por otro lado también se ha desarrollado la regeneración de plantas a partir de células en suspensión o de embriones somáticos, lo que ha abierto el camino para la incorporación de determinados caracteres por transformación genética. Las técnicas modernas de biología molecular e ingeniería genética brindan una alternativa para el desarrollo de plantas que expresen nuevas características. Se han publicado varios métodos de transformación para *Musa spp.* aunque el de mayor uso en la actualidad es el de bombardeo de partículas. Con esta tecnología es ahora posible introducir diversos tipos de genes al plátano (Becker et al., 2000).

Biología molecular del plátano

Habiendo establecido un sistema de transformación genética para plátano, se tenía que contar con materiales (genes) para transferir, buscando el mejoramiento del cultivo. En este sentido, se han aislado un gran número de genes de plátano que codifican para enzimas tales como la sacarosa fosfato sintetasa, almidón sintetasa, quitinasa, glucanasa, metalotionina, taumatina, ubiquitina, ACC sintetasa, ACC oxidasa, ascorbato peroxidasa, etc. (Clendennen et al, 1997; Clendennen and May, 1997; López-Gómez et al., 1997; Medina-Suárez et al., 1997; do Nascimento et al, 1997). El patrón común de estos genes es que son inducidos durante la maduración y muchos de ellos son específicos del fruto. La disponibilidad de estos genes ha permitido estudiar varios procesos metabólicos del cultivo, como por ejemplo la maduración del fruto y los resultados sugieren una gran complejidad en muchos de ellos. Actualmente la investigación se orienta hacia el aislamiento de secuencias reguladoras (promotores) específicas de tejido con el objeto de dirigir la expresión de determinados genes hacia un tejido u órgano en particular.

Los métodos de biología molecular también ofrecen la posibilidad de clonar y caracterizar genes relacionados con la defensa de las plantas y posteriormente su introducción en diferentes cultivos por transformación genética. Existen en la literatura varios ejemplos de la obtención de plantas transgénicas que expresan proteínas relacionadas con mecanismos de defensa tales como: quitinasa y la β -1,3 glucanasa (Zhou et al., 1994) las cuales fueron resistentes a diversos hongos fitopatógenos. Es de esperar que plantas transgénicas de plátano conteniendo genes similares sean resistentes al ataque de hongos patógenos y que en consecuencia disminuyan los niveles de aplicación de venenos químicos para el control de enfermedades. Estos resultados no son solo importantes desde el punto de vista económico, sino también tiene un importante efecto ecológico.

Problemas agronómicos

Muchas enfermedades tales como la Sigatoka negra y amarilla (causadas por *Mycosphaerella spp.*) y el Mal de Panamá causada por el hongo *Fusarium oxysporum f.sp. cubense* afectan la producción y utilización de las Musáceas. El uso de fungicidas químicos es la forma más común de controlar estas enfermedades, lo cual significa entre un 30-40 % de los costos de producción, además de producir trastornos a los ecosistemas, a la salud humana y traer como consecuencia la aparición de fungorresistencia que demanda cambios constantes del fungicida que se está aplicando. Es por tanto de suma importancia desarrollar proyectos de investigación que busquen el mejoramiento de la resistencia del banano a estas enfermedades. En lo que sigue sólo se analizará brevemente el problema de la Sigatoka negra que es el más serio.

Sigatoka negra.- Es una enfermedad ocasionada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, y es de particular importancia en América Latina y el Caribe, ya que su presencia es causa de un uso y abuso intensivo de pesticidas, especialmente por productores medianos y grandes. Los pequeños productores, por otro lado, sufren pérdidas considerables en su producción de fruta ya que no pueden cubrir los altos costos requeridos para el control químico de esta enfermedad. La producción de plátano está en grave peligro ya que es característico en la región un sistema de baja tecnología y

baja inversión en insumos.

Los cultivares de plátano más importantes y más extensamente cultivados, son susceptibles a esta enfermedad que causa necrosis en las hojas y reducciones en la producción de hasta 50%. La enfermedad es ahora más virulenta y se ha aumentado y diseminado a lo largo de las regiones tropicales de América Latina, y representa una amenaza importante para los cultivos de plátano. Además, el uso excesivo de productos químicos en la producción de bananos de exportación ha dado como resultado la aparición de poblaciones de este patógeno resistentes a los fungicidas. Las consecuencias de este fenómeno han sido una reducción importante en la producción de fruta para exportación y un mayor uso de productos químicos. Actualmente, el costo del control de esta enfermedad en varios países de América Latina es de alrededor de US \$ 1000.00 por hectárea por año.

Por todo esto, hay varios laboratorios en la región en proceso de producción de plantas de plátano resistentes a enfermedades fúngicas como la Sigatoka, por medio de la introducción y sobre expresión en las hojas de los genes que codifican para proteínas antifúngicas. Este último es el objetivo principal de este trabajo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se obtuvieron embriones somáticos de banana cv. Gran Nain a partir de inflorescencias masculinas de plantas localizadas en una huerta localizada en el CATIE, Turrialba, Costa Rica, siguiendo el método de Cote et al. (1996). Posteriormente se bombardearon como se describe en el trabajo de Becker et al. (2000). Para el bombardeo se utilizaron dos tipos de genes antifúngicos, uno aislado de *Capsicum annuum* llamado J1 y el otro aislado de *Arabidopsis thaliana*, llamado Pdf1.2. El gen J1 fue proporcionado por Dr. R. Schantz del Centre National de la Recherche Scientifique, Institute de Biologie Moleculaire des Plantes, Francia y codifica para una defensina con actividad antifúngica (Meyer et al., 1996).

El gen Pdf1.2 fue obtenido del banco de genes de *Arabidopsis* de la Universidad de Ohio. Tiene muy alta homología (> 85%) con genes que codifican para proteínas antifúngicas de otras especies y es inducible por infección de patógenos (Epple et al., 1997). Los genes fueron clonados en el vector pKYLX80 (Schardl et al., 1987), el cual contiene

el marcador selectivo NPT II que confiere resistencia a kanamicina y está controlado por las secuencias regulatorias del gen nopalina sintetasa de *Agrobacterium tumefaciens*. Además también contiene el gen que codifica para la β -glucuronidasa, como gen marcador. Ambos genes estaban bajo el control del promotor constitutivo 35S del virus del mosaico de la coliflor.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Establecimiento de cultivos celulares y transformación y regeneración.

Las flores masculinas inmaduras del plátano fueron utilizadas para establecer suspensiones celulares homogéneas. Estas suspensiones consistieron en células individuales, vacuoladas, alargadas y de agregados de células embriogénicas según lo descrito por Dheda et al. (1991). Los agregados de células embriogénicas (ACE) originaron embriones somáticos. ACE transformados con las construcciones descritas arriba, fueron crecidos en placas con kanamicina. Los embriones no transformados se volvieron necróticos y murieron a los pocos días después de ser transferidos al medio selectivo mientras que los transformados se siguieron desarrollando. (Fig.1)

No hemos observado ninguna variación somaclonal en planta regenerada transformada o no-transformada en el invernadero o después de un período de tres meses en el campo. Todas las plantas y sus hijuelos aparecieron fenotípicamente normales.

Análisis molecular e histoquímico de las plantas transgénicas

DNA genómico de 4 plantas T0 transformadas con ambas construcciones fue digerido con EcoRI y NcoI para evaluar preliminarmente el número de copias integradas en el genoma de la planta. Como se observa en las figuras 2A y 2B hay varias líneas que contienen ambos genes integrados en el genoma. No se detectó ninguna señal cuando se empleó DNA de plantas no transformadas. El número de copias fue de 1 a 3, con base en el número de bandas presentes en cada carril. Todas las plantas transformadas dieron lugar a hijuelos y uno fue analizado por análisis Southern. La planta hija (T1) también presentó una banda que indicaba que el transgen fue heredado. El patrón de hibridación

era idéntico en la madre y las plantas de la hija, indicando que el transgene fue heredado de una manera estable.

Para determinar la expresión de ambos genes en las plantas transgénicas se extrajo RNA total de hojas y se hibridó con la sonda correspondiente en experimentos tipo northern. Como puede verse en la figura 3A y 3B, el RNA mensajero de ambos genes era fácilmente detectable en las plantas transgénicas pero no era así en las plantas no transgénicas.

Para corroborar el estado transgénico de nuestras plantas, se realizó tinción por GUS. Como puede verse en la figura 4, las plantas transgénicas dieron tinción positiva pero las no transgénicas no se tiñeron.

Análisis de inhibición de crecimiento de hongos fitopatógenos *in vitro*

Para determinar de una manera preliminar si nuestras plantas podían ser resistentes a hongos fitopatógenos como la Sigatoka negra, decidimos hacer ensayos en placas de agar con el hongo fitopatógeno *Fusarium* spp. como se describe en el trabajo de Li et al. (2001). Aproximadamente se pusieron 2000 esporas del hongo correspondiente se pusieron en el centro de una placa de agar. A su alrededor, se colocaron 50 µg de proteína de extractos de diferentes plantas transgénicas, así como de plantas no transgénicas. La figura 5 muestra la inhibición del crecimiento del hongo en estas condiciones. Estos experimentos no se pueden realizar con *Mycosphaerella fijiensis* porque en condiciones *in vitro* este hongo no crece en forma radial, a diferencia del hongo utilizado en este trabajo. Actualmente se están realizando experimentos de inhibición de germinación de esporas de *M. fijiensis*.

Las plantas se encuentran actualmente en el campo (Fig. 6) en donde los experimentos de resistencia a *M. fijiensis* están en proceso.

CONCLUSIONES

En este trabajo se lograron generar plantas transgénicas de plátano cv. Gran Nain conteniendo genes que codifican para proteínas antifúngicas. Por pruebas moleculares se determinó que contenían ambos genes y que el número de copias variaba de 1 a 3. Se determinó que las plantas expresaban los genes transferidos por experimentos de

northern y que, además, en ensayos *in vitro* utilizando extractos crudos, inhibían el crecimiento de un hongo fitopatógeno. Actualmente las plantas están en el campo y se están realizando pruebas de resistencia a *M. fijiensis* tanto *in vitro* (germinación de esporas) como *in vivo* con inóculos del hongo en el campo.

REFERENCIAS

- Becker, D.K., Dugdale, B., Smith M.K., Harding, R.M. and Dale, J.L. (2000) Genetic transformation of Cavendish banana (*Musa* spp. AAA group) cv. Grand Nain via microprojectile bombardment. *Plant Cell Reports* 19: 229-234.
- Clendennen SK, Lopez-Gomez R, Gomez-Lim M, Arntzen CJ, May GD (1998) The abundant 31-kilodalton banana pulp protein is homologous to class-III acidic chitinases. *Phytochemistry* 47: 613-619.
- Clendennen SK, May GD (1997) Differential gene expression in ripening banana fruit. *Plant Physiol.* 115: 463-469.
- Cote FX, Domergue R, Monmarson S, Schwendiman J, Tesson C, Escalant JV (1996) Embryogenic cell suspension from the male flower of *Musa* AAA cv. Grand nain. *Physiologia Plantarum* 97:258-290.
- Dhed'A D, Dumortier F, Panis B, Vuylsteke D, De Lange E. (1991) Plant regeneration in cell suspension cultures of the cooking banana cv 'Bluggoe' (*Musa* spp. ABB group). *Fruits* 46:125-135.
- do Nascimento JR, Cordenunsi BR, Lajolo FM, Alcocer MJ (1997) Banana sucrose-phosphate synthase gene expression during fruit ripening. *Planta* 203: 283-288.
- Epple, P., Apel, K. and Bohlmann, H. (1997) ESTs reveal a multigene family for plant defensins in *Arabidopsis thaliana*. *FEBS Lett.* 400:168-172.
- Li, Q., Lawrence, C.B. Xing, H.Y., Babbitt, R.A., Troy Bass, W., Maiti, I.B. and Everett, N.P. (2001) Enhanced disease resistance conferred by expression of an antimicrobial magainin analog in transgenic tobacco. *Planta* 212, 635-639.
- López-Gómez, R., Campbell, A., Dong, Yang, S.F. and Gomez-Lim, M.A. (1997) Ethylene metabolism in banana fruit. Isolation of a genomic clone to ACC oxidase and expression studies. *Plant Science* 123: 123-131.
- Medina-Suarez R, Manning K, Fletcher J, Aled J, Bird CR, Seymour GB Gene expression in the pulp of ripening bananas. (1997) Two-dimensional sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis of *in vitro* translation products and cDNA cloning of 25 different ripening-related mRNAs. *Plant Physiol.* 115: 453-461.
- Meyer, B., Houlne, G. Pozueta-Romero, J., Schantz, M.L. and Schantz, R. (1996) Fruit-Specific Expression of a Defensin-Type Gene Family in Bell Pepper (Upregulation during Ripening and upon Wounding). *Plant Physiol.* 112: 615-622
- Schardl CL, Byrd AD, Benzion G, Altschuler MA, Hildebrand DF, Hunt AG (1987) Design and construction of a versatile system for the expression of foreign genes in plants. *Gene* 61: 1-11.
- Zhou, Q., EA Mahler, S Masoud, RA Dixon, CJ Lamb. (1994) Enhanced protection against fungal attack by constitutive co-expression of chitinase and glucanase genes in transgenic tobacco. *Biotechnology* 12:807-811.

Leyendas de las figuras:

Fig. 1 Embriones somáticos de banano en medio selectivo. Se pueden apreciar los embriones transformados (de aspecto cremoso) de los no transformados (necróticos)

Fig. 2. Análisis Southern de plantas transformadas de banano usando DNA total digerido con Eco RI. A indica plantas transformadas con Pdf1.2 y B plantas transformadas con J1. Se pueden apreciar diferentes bandas que indican el número de copia de cada gen. Cada carril contiene una línea transgénica diferente.

Fig. 3 Análisis northern de plantas transformadas de banano usando RNA total. A indica plantas transformadas con Pdf1.2 y B plantas transformadas con J1. Se pueden apreciar las bandas que corresponden a RNA mensajero para cada gen lo que indica que los genes se están expresando.

Fig. 4. Tinción por GUS de diferentes tejidos de plantas transformadas de banano. En el sentido de las manecillas del reloj y empezando arriba a la izquierda, embriones, hoja, cormo y raíz. Las plantas control no se tiñeron.

Fig. 5 Ensayo de inhibición del crecimiento de esporas de *Fusarium* spp. por extractos crudos proteicos de plantas transformadas de banano en placas de agar. Se probaron cuatro líneas en las cuales se puede apreciar el halo de inhibición. No ocurrió así en extractos de plantas no transformadas, con solución amortiguadora o con extractos de plantas transformadas pero calentado a 100°C por 15 min.

Fig. 6 Aspecto actual de las plantas transgénicas en el campo.



Figura 1

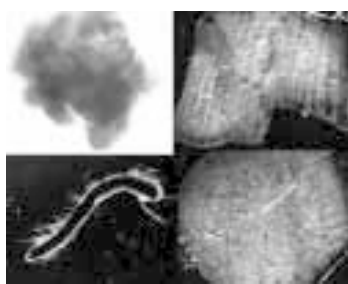


Figura 4

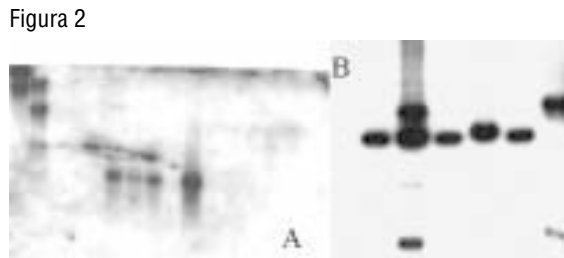


Figura 2

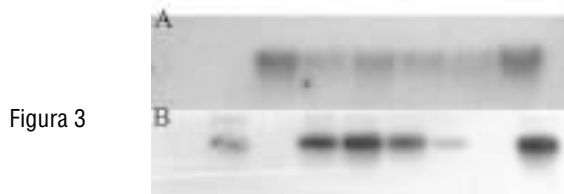


Figura 3

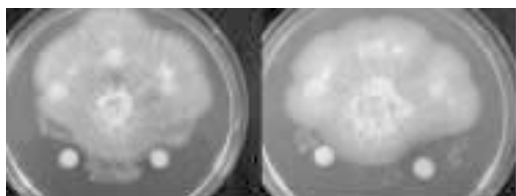


Figura 5



Figura 6

Manejo integrado de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*) del banano en el trópico seco de México

integrated management of Black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*) of banana in the dry tropic of Mexico

**Mario Orozco-Santos¹, Javier Farías-Larios²,
Gilberto Manzo-Sánchez² y Salvador Guzmán-González².**

RESUMEN

En este trabajo se presentan experiencias sobre el manejo de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*), basadas en estudios epidemiológicos, prácticas culturales y un sistema de preaviso biológico en banano Gran Enano en el trópico seco de México. La mayor descarga de ascosporas se relacionó con la época de lluvias (Julio a Octubre: 950 mm) y formación de rocío sobre las hojas (Noviembre y Diciembre), registrando de 635 a 1016 ascosporas liberadas/cm² de tejido foliar afectado por cada 30 min. Durante la época seca (Enero a Junio), la descarga de ascosporas fue baja (12 a 57 ascosporas). El período de incubación resultó más corto de Junio a Noviembre: 24 a 38 días para pizca y 33 a 64 días para mancha (grado 2 y 4, escala de Fouré). De Diciembre a Mayo, el tiempo de incubación fue de 48 a 87 días para pizca y 84 a 141 días para mancha. La mayor severidad de sigatoka negra coincidió con la estación lluviosa y mayor liberación de inóculo. El preaviso biológico mejoró su control. De Julio a Diciembre se realizaron 11 aplicaciones de fungicidas sistémicos. Durante la época seca (Enero a Junio), el estado de evolución de la enfermedad se redujo significativamente y no se requirió control químico.

ABSTRACT

In this work some experiences on black sigatoka management (*Mycosphaerella fijiensis*) in banana Grand Nain are presented. They are based on epidemiological studies, cultural practices and forecasting system in the dry tropic of Mexico. The major discharge of ascospores was related with the rain season (July to October: 950 mm) and formation of dew on the leaves (November and December), registering of 635 to 1016 liberated ascospores/cm² of diseased foliar tissue for each 30 min. During the dry season (January to June), the discharge of ascospores was low (12 to 57 ascospores). The incubation time of the disease was more short of June to November: 24 to 38 days for specks and 33 to 64 days for spots (degree 2 and 4, scale of Fouré). From December to May, the incubation time was of 48 to 87 days for specks and 84 to 141 days for spots. The high severity of black sigatoka coincided with the rainy season and the major liberation of inoculum. The forecasting system improved its control. From July to December, only 11 sprays of systemic fungicides were made. During the dry season (January to June), the state of evolution of the disease decreased significantly, in such a way that did not require fungicide sprays.

INTRODUCCIÓN

La sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) es una de las enfermedades más destructivas que afectan al cultivo del banano a escala mundial (Fullerton, 1994; Fullerton y Stover, 1990; Stover, 1980). La severidad de este tipo de patógenos se magnifica en un sistema agrícola

como el del banano, en el cual la propagación vegetativa (reproducción asexual) y su cultivo en grandes extensiones de tierra de un clon genéticamente uniforme lo hace altamente vulnerable a ataques epidémicos de la enfermedad (Orozco-Santos, 1998). La presencia de sigatoka negra en México ha ocasionado grandes pérdidas en las regiones productoras de banano, ya que ha modi-

1. INIFAP, Campo Experimental Tecomán. Apartado postal 88. Tecomán, Colima, México 28100. Teléfono y Fax (52 313) 3240133. E-mail: inifaptecomam@prodigy.net.mx.
2. Universidad de Colima, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Apartado postal 36. Tecomán, Colima, México 28100.

ficado el manejo de las plantaciones, principalmente los programas de aspersión de fungicidas. Actualmente, el combate de la enfermedad en las regiones plataneras del país, depende básicamente del uso de productos químicos (fungicidas), lo cual es apoyado por algunas prácticas de cultivo (Orozco-Santos *et al.*, 2001). En la región bananera del Pacífico-Centro de México que comprende los estados de Colima, Michoacán, Jalisco y Nayarit la mayor severidad de la enfermedad está estrechamente relacionada con la época de lluvias (junio a octubre) y con la formación de rocío en las hojas (Noviembre a Enero) (Orozco-Santos, 1996; Orozco-Santos, 1998).

El control cultural es una herramienta de auxilio al control químico y está orientado a reducir las fuentes de inoculo del patógeno y modificar las condiciones microclimáticas que favorezcan el desarrollo de la enfermedad en la plantación de banano (Marín y Romero, 1992). El control cultural es una parte fundamental en el manejo integrado de sigatoka negra. Bajo condiciones del trópico seco de México, se desconocen los períodos del año con mayor liberación de ascosporas (mayor fuente de inoculo) en hojas afectadas. Asimismo, se carece de información del efecto de algunas prácticas de cultivo (deshoje, riegos, aplicación de herbicidas y fungicidas) sobre la producción de ascosporas en el tejido foliar enfermo.

En las plantaciones comerciales de banano se requiere de un manejo eficiente de sigatoka negra, para lo cual es necesario contar con información que permita tener una idea clara y precisa del estado fitosanitario del huerto con el propósito de prevenir daños severos al cultivo y eficientar el uso de fungicidas (Marín y Romero, 1992; Pérez, 1998). Para lograr este objetivo es necesario hacer evaluaciones periódicas para conocer la incidencia y severidad de sigatoka negra en cada huerto. Una forma de evaluar el potencial de inoculo de la enfermedad para decidir momentos de aplicación de fungicidas, consiste en el trampeo constante de ascosporas del patógeno; sin embargo, se ha demostrado que este método es poco eficiente para predecir su grado de infección (Burt *et al.*, 1997). El uso de métodos basados en la evaluación de la incidencia y severidad dentro de la plantación son parámetros útiles para describir y cuantificar el desarrollo de la enfermedad. Se han propuesto diferentes métodos biológicos, meteorológicos y de

inmunodiagnóstico para decidir que fungicida utilizar y con que frecuencia se debe aplicar (Jiménez *et al.*, 1994; Klein, 1960; Marín y Romero, 1992; Pérez, 1998; Soffía y Abaunza, 1991). El objetivo del presente trabajo es de presentar experiencias sobre el manejo de sigatoka negra en banano Gran Enano, basadas en estudios epidemiológicos, prácticas de cultivo y uso del preaviso biológico para el control de la enfermedad en la región bananera del trópico seco de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en el área bananera del estado de Colima, la cual posee clima cálido seco con una precipitación de 700 a 1,100 mm anuales y de 7 a 8 meses secos. La temperatura media anual es de 26-28 °C y con una altitud de 10 a 60 msnm. Se realizaron tres experimentos en un huerto de banano Gran Enano (Subgrupo Cavendish, *Musa* AAA).

Comportamiento de sigatoka negra. Durante 18 meses se evaluó el comportamiento de sigatoka negra en una parcela de banano sin control químico. Cada mes se seleccionaron cinco plantas jóvenes, en las que se marcó la hoja cigarro. En cada hoja marcada, dos veces por semana se evaluó la severidad de la enfermedad basada en la escala de Stover modificada por Gauhl (1990) y de Fouré (1985). Este tipo de evaluación permitió conocer el período de incubación de síntomas en estado de pizca y mancha (grado 2 y 4 de la escala de Fouré, respectivamente) en hojas emergidas en los diferentes meses del año. El período de incubación es el tiempo que transcurre entre la infección del hongo y la aparición de síntomas. En este estudio se consideró el momento de infección teórica el día que se marcó la hoja cigarro. Asimismo, en cada evaluación se estimó el área foliar destruida de las hojas marcadas con el propósito de conocer la longevidad de las hojas en función a su época de emergencia, precipitación y daño de sigatoka negra.

Efecto de prácticas de cultivo. Este experimento se realizó de Enero de 1998 a Abril de 1999. En parcelas de 1,000 m² se evaluaron los siguientes tratamientos para determinar su efecto sobre la incidencia de sigatoka negra y liberación de ascosporas de *M. fijiensis* en hojas infectadas: 1) hojas dejadas en la planta, 2) hojas dejadas en el suelo amontonadas, 3) hojas dejadas en el suelo sin

amontonar, 4) hojas sacadas del huerto y quemadas, 5) hojas tratadas con un herbicida desecante (Paraquat) y 6) hojas tratadas con un fungicida protectivo (Clorotalonil). En cada tratamiento se marcaron 20 hojas con la misma severidad de sigatoka negra, en las cuales se cuantificó el período de liberación de ascosporas a través del tiempo. Mensualmente se evaluó la cantidad de ascosporas descargadas por cada 30 minutos del tejido foliar afectado por sigatoka negra en cajas de petri con medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA). El método de descarga de ascosporas fue el utilizado por Stover (1976). Asimismo se determinó la incidencia y severidad de sigatoka negra basada en la escala de Stover modificada por Gauhl (1990).

Preaviso biológico. Este experimento se realizó de Junio de 1993 a Diciembre de 1994 en una parcela de dos hectáreas de banano y consistió en la evaluación del sistema de preaviso biológico para el control de sigatoka negra propuesto por la Corporación Bananera Nacional (CORBANA) de Costa Rica. Este sistema se basa en el componente biológico dado por el estado de evolución o la velocidad de desarrollo de la enfermedad (Marín y Romero, 1992). La evaluación de la enfermedad se realizó en 10 plantas jóvenes con 5 a 6 hojas verdaderas seleccionadas en un sitio de muestreo representativo de la parcela experimental. Semanalmente se realizaron evaluaciones de emisión foliar, estado de desarrollo de la hoja "cigarro" según Brun (1963), número de hojas por planta y el nivel de infección por sigatoka negra. La evaluación de la enfermedad se realiza considerando los estados de desarrollo de síntomas de sigatoka negra de acuerdo a la escala de Fouré (1985).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento de sigatoka negra

Período de incubación. El período de incubación del hongo causante de la sigatoka negra estuvo estrechamente relacionado con la presencia o ausencia de lluvias y la formación de rocío sobre las hojas. En ambos años, las hojas emergidas de Junio a Noviembre presentaron los períodos más cortos de incubación (24 a 38 días para pizcas y 33 a 64 días para manchas) en comparación al follaje emergido de Diciembre a Mayo, en donde los síntomas de pizcas aparecieron de 48 a 87 días

y las manchas se presentaron de los 94 a 141 días (Cuadro 1). En los dos años de estudio, la época de lluvias se registró de Junio a Octubre con precipitaciones mensuales de 77 a 437 mm. En cambio, la época seca fue de Noviembre a Mayo con precipitación escasa o nula. La mayor severidad de sigatoka negra está relacionada con la presencia de lluvias y con la formación de rocío en los meses de Noviembre y Diciembre.

Longevidad de hojas. El tiempo de vida útil de las hojas de banano se relacionó con la época de emergencia, presencia de lluvias y severidad de sigatoka negra. El follaje emergido en los meses de Junio a Septiembre registró la menor longevidad de hojas (Datos no presentados). El tiempo de emergencia a la destrucción total de la hoja por sigatoka negra fue de 82 a 112 días. Contrariamente, las hojas emergidas en Octubre, Noviembre y Mayo tuvieron un período de vida de 90 a 148 días,

Cuadro 1. Período de incubación promedio (de infección a aparición de pizcas y manchas) de sigatoka negra en hojas de banano Gran Enano emergidas en diferentes meses del año y su relación con la precipitación mensual bajo condiciones del trópico seco de México.

Epoca de emergencia (Mes)	Período de incubación (Días) ^z		Precipitación (mm)
	Pizca ^y	Mancha ^x	
Junio	31 a	58 b	245
Julio	27 a	51 ab	255
Agosto	24 a	46 a	437
Septiembre	24 a	43 a	180
Octubre	36 ab	64 b	89
Noviembre	28 a	62 b	0
Diciembre	48 b	92 c	0
Enero	62 c	113 d	0
Febrero	68 c	115 d	0
Marzo	87 d	141 e	0
Abril	80 d	107 cd	0
Mayo	54 c	84 c	0
Junio	34 a	51 ab	101
Julio	31 a	40 a	157
Agosto	35 a	56 b	77
Septiembre	24 a	33 a	145
Octubre	28 a	43 a	159
Noviembre	38 a	58 b	4

^z Separación de medias según la prueba de Tukey al 95% de probabilidad.

^y Síntomas en estado de pizca según el grado 2 de la escala de Fouré (1985).

^x Síntomas en estado de mancha según el grado 4 de la escala de Fouré (1985).

mientras que el follaje emitido de Diciembre a Abril la longevidad fue de 171 a 200 días. La práctica del deshoje en los huertos de banano incluye hojas muertas, dobladas y aquellas que tengan entre un 30 a 50% de área foliar destruida. En este estudio, fue notorio que las hojas emergidas de Junio a Septiembre alcanzaban la mitad de tejido dañado de los 56 a 94 días. El follaje originado en los meses de Octubre a Mayo, las hojas presentaron 50% de área foliar destruida de los 116 a 178 días.

Efecto de prácticas de cultivo

Descarga de ascosporas. La mayor descarga de ascosporas del *M. fijiensis* estuvo estrechamente relacionada con la época de lluvias (Junio a Octubre) y se extendió hasta Noviembre por las condiciones de formación de rocío y alta severidad de la enfermedad. En todos los tratamientos de manejo de hojarasca (con excepción del tratamiento de hojas sacadas y quemadas), la liberación de inóculo fue elevada en los meses de Agosto a Noviembre (Fig. 1). La liberación de inóculo promedio de tejido afectado fluctuó entre 635 a 1,016 ascosporas/cm²/30 minutos. La elevada población de ascosporas descargadas del tejido foliar estuvo relacionado con los meses lluviosos. Durante la época seca (Febrero a Junio) e inicio de lluvias (Julio) la descarga de ascosporas fue baja en todos los tratamientos evaluados. A partir de Agosto, la descarga de ascosporas se incrementó notablemente en los tratamientos de hojas tratadas con herbicida, hojas en el suelo amontonadas y hojas en el suelo sin amontonar. Durante la época seca (Enero a Julio), la descarga de ascosporas resultó baja (12 a 57 ascosporas/cm²/30 minutos).

Severidad de Sigatoka negra. Durante la época seca (Febrero a Mayo) se registró una baja severidad de sigatoka negra basado en el promedio ponderado de infección (PPI). El grado de infección de la enfermedad fue similar en todos los tratamientos evaluados y en la época de lluvias (Julio a Octubre) se presentó la mayor severidad de la enfermedad (Fig. 2). No hubo diferencias notables en daño de la enfermedad entre los tratamientos evaluados, con excepción de la parcela con hojas dejadas en la planta. En la parcela sin deshoje, la epidemia de la sigatoka negra inició 30 días antes y su daño se prolongó por 30 días más que el resto de los tratamientos.

Preaviso biológico

El comportamiento de sigatoka negra en banano Gran Enano basado en el estado de evolución y a la suma bruta en 1993 y 1994 se presenta en la Figura 3. Durante 1993 (Agosto a Diciembre) se realizaron ocho aplicaciones de fungicidas (Bitertanol, Propiconazol, Carbendazim y Benomyl) con intervalos de aplicación de 11 a 23 días. La mayor incidencia de sigatoka negra se registró de Agosto a Octubre, presentando coeficientes del estado de evolución arriba de las 2000 unidades, por lo que en este período los intervalos de aplicación fueron de 11 a 15 días. A partir de Noviembre el estado evolutivo de la enfermedad fue disminuyendo, lo que permitió incrementar los intervalos de aplicación de 21 a 27 días.

De Enero a Junio de 1994, la incidencia de la enfermedad fue reduciéndose bajo condiciones naturales y el coeficiente del estado de evolución fluctuó de 466 a 1028 unidades durante Enero y Febrero, y de 140 a 600 de Marzo a Junio (Fig. 3). Durante este período, no se realizó ninguna aplicación de fungicidas contra sigatoka negra, ya que los niveles de infección por la enfermedad fueron bajos y el coeficiente de evolución no alcanzó el umbral considerado en el sistema de preaviso biológico. A partir de Julio de 1994, la incidencia de sigatoka negra se incrementó notablemente y el período de mayor daño se prolongó hasta Diciembre. De Julio a Octubre, el coeficiente de evolución se mantuvo abajo de las 2000 unidades, mientras que durante Noviembre el coeficiente fue superior a 2000. Durante Julio a Diciembre, se realizaron 11 aplicaciones de fungicidas para el control de sigatoka negra, utilizándose principalmente Propiconazol, Bitertanol, Tridemorph y en último término Carbendazim. Los intervalos de aplicación fueron de 9 a 22 días.

Los resultados de este grupo de experimentos señalan que la mayor incidencia y severidad de sigatoka negra en el trópico seco de México está relacionada con la época de lluvias (Julio a Octubre) y se prolonga durante el período de formación de rocío en la lámina foliar (Noviembre y Diciembre). Contrariamente, el menor daño de la enfermedad se relaciona con la época seca (Febrero a Mayo). El estudio de liberación de inóculo del patógeno indica que durante la época seca la descarga de ascosporas es baja y por lo tanto la seve-

ridad de sigatoka negra disminuye notablemente. En cambio durante la época de lluvias, la liberación de inoculo se incrementa drásticamente, lo cual se refleja en un mayor daño de la enfermedad en el follaje de las plantas. Este comportamiento de sigatoka negra esta estrechamente influenciado por las lluvias, lo cual coincide con estudios previos (Pérez, 1998). Durante la época seca es factible eficientar el control de sigatoka negra mediante la reducción del número de aplicaciones de fungicidas. Por la baja liberación de inoculo se pueden incrementar los intervalos de aplicación de fungicidas o inclusive hasta tomar decisiones de no control. Es importante que durante la época de lluvias se haga énfasis en la eliminación de hojas afectadas por sigatoka negra ya que representa la principal fuente de inoculo de la enfermedad, tal y como ha sido demostrado por Merchán y Donato (1994). El tratamiento de deshoje y la hojarasca amontonarla en líneas es más recomendable, debido a que se reduce significativamente el área foliar expuesta a descargas de ascosporas. En la época seca, el deshoje no es muy estricto en huertos con buen drenaje y suficiente aireación, ya que las condiciones de clima no favorecen la descarga de ascosporas. La hojarasca puede ser amontonada o dejarla caer aleatoriamente sin un proceso de acomodo. La aplicación de fungicidas protectantes y/o herbicidas desecantes no tuvieron ningún beneficio en la reducción de la liberación de inoculo bajo las condiciones en que se desarrollo este estudio.

El preaviso biológico demostró la importancia de tener una variable técnica para decidir el momento de aplicar los fungicidas en un programa de control de sigatoka negra con el propósito de reducir el número de ciclos de aspersión. El sistema de preaviso biológico es de gran utilidad para conocer el comportamiento de la enfermedad en sus estados iniciales de desarrollo de síntomas, lo cual permite determinar el momento de aplicación y tipo de fungicidas basándose en el estado evolutivo. El preaviso biológico para el control de sigatoka negra, posee ventajas en comparación a otros sistemas de evaluación, como la escala propuesta por Stover (1971) y la misma escala de Stover modificada por Gauhl (1990). En la región bananera del trópico seco de México, el control de la sigatoka negra requiere de 15 a 25 aplicaciones de fungicidas durante el año. Con el uso del preaviso biológico

el número de ciclos de aspersión se redujo de un 20 a 80%. El preaviso biológico está más estrechamente relacionado con la presencia de inoculo del patógeno, mientras que con los otros sistemas los resultados de la evaluación es el reflejo de eventos ocurridos mucho tiempo más atrás (arriba de 6 semanas). Sin embargo, la aplicación de este sistema en huertos comerciales requiere del conocimiento preciso de los primeros estadios de desarrollo de síntomas de sigatoka negra según la escala Fouré (1985) y la evaluación periódica (cada semana) del estado evolutivo de la enfermedad. Fallas en el conocimiento de la evolución de síntomas y muestreos prolongados podrían ocasionar un control deficiente del patógeno y un incremento drástico del daño de sigatoka negra (Marín y Romero, 1992; Pérez, 1998). Por otra parte, es importante considerar que el uso de este sistema requiere la aplicación exclusiva de fungicidas sistémicos, lo cual puede provocar problemas de resistencia. Se requiere establecer un programa de manejo de fungicidas, alternando grupos con diferente mecanismo de resistencia.

CONCLUSIONES

1. La mayor severidad de sigatoka negra en el trópico seco de México está relacionada con la época de lluvias (Julio a Octubre) y la formación de rocío sobre las hojas. La severidad de la enfermedad se asocia con los períodos de mayor liberación de inoculo del hongo *M. fiijiensis*.
2. En la época seca, la descarga de ascosporas se reduce notablemente debido a las condiciones climáticas desfavorables, lo cual permite reducir el número de aplicaciones de fungicidas para el control de sigatoka negra.
3. El manejo de hojarasca debe estar relacionado con la época del año. En la época de lluvias se debe hacer un deshoje estricto para reducir fuentes de inoculo, mientras que en la época seca debe ser menos severo. Durante la época de lluvias, las hojas eliminadas deben amontonarse en hileras para reducir el área foliar expuesta a liberar ascosporas.
4. El sistema de preaviso biológico es una herramienta útil para la toma de decisiones de control de sigatoka negra, ya que permite reducir significativamente el número de aplicaciones de fungicidas.

LITERATURA CITADA

- Brun, J. 1963. La Cercosporiose du bananier. Thèse Doctor at d' Etat, Université de París.
- Burt, P.J.A., Rutter, J., and Gonzalez, H. 1997. Short distance windborne dispersal of the fungal pathogens causing sigatoka diseases in banana and plantain. *Plant Pathology* 46:451-458.
- Fouré, E. 1985. Black leaf streak disease of bananas and plantains (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), study of the symptoms and stages of the diseases in Gabon. IRFA, Paris, France.
- Fullerton, R.A. 1994. Sigatoka leaf diseases. In: Compendium of tropical fruit diseases. Ploetz, R.C., Zentmeyer, G.A., Nishijima, W.T., Rohrbach, K.G., and Ohr, H.D. (Eds.). p. 12-14. APS Press. St. Paul, Minnesota, USA.
- Fullerton, R. A. and Stover, R. H. (Eds.). 1990. Sigatoka leaf spot diseases of bananas. Proceeding of an international workshop. INIBAP. San José, Costa Rica. 374 p.
- Gauhl, F. 1990. Epidemiología y ecología de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en plátano (*Musa* sp) en Costa Rica, UPEB. Panamá, Panamá. 126 p.
- Jiménez, F., Tapia, A., Gribius, N., and Escalant, J.V. 1994. Un sistema bioclimático para el pronóstico de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en plátano (*Musa* AAB). Memorias de la XI Reunión de ACORBAT. San José, Costa Rica. p. 277-286.
- Klein, H.H. 1960. Control of cercospora leaf spot of bananas with applications of oil spray based on the disease cycle. *Phytopathology* 50:488-490.
- Marin, V.D. y Romero, C.R. 1992. El combate de la sigatoka negra en banano. Corporación Bananera Nacional. Costa Rica. Boletín No. 4. 22 p.
- Merchán, V.M. y Donato, M.C. 1990. Producción de ascoporas de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet y *M. musicola* Leach en hojas de plátano (*Musa* AAB). Memorias de la XI Reunión de ACORBAT. San José, Costa Rica. P. 301-309.
- Orozco-Santos, M. 1996. Comportamiento de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) del plátano en la costa de Colima, México. XXIII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Guadalajara, Jalisco, México. Resumen No. 54.
- Orozco-Santos, M. 1998. Manejo integrado de la sigatoka negra del plátano. SAGAR, INIFAP, CIPAC. Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México. Folleto técnico No. 1. 95 p.
- Orozco-Santos, M., Farías-Larios, J., Manzo-Sánchez, G., and Guzmán, González, S. 2001. Black sigatoka disease (*Mycosphaerella fijiensis*) in Mexico. *INFOMUSA* 10(1):33-37.
- Pérez, V.L. 1998. Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) de bananos y plátanos (*Musa* spp) en Cuba. Epidemiología y manejo integrado de la enfermedad. p. 24-52. In: Memorias del primer Simposium Internacional sobre Sigatoka Negra. SAGAR, INIFAP, Fundación Produce Colima, INIBAP, Universidad de Colima, IICA y Gobierno del estado de Colima. Manzanillo, Colima, México. 132 p.
- Soffia, V.R. y Abaunza, D. 1991. Implementación del sistema de preaviso biológico para el combate de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en banano en Santa Marta, Colombia. X reunión ACORBAT. Villahermosa, Tab. p. 93. (Resúmen).
- Stover, R.H. 1971. A proposed international scale for estimating intensity of banana leaf spot (*Mycosphaerella musicola* Leach). *Tropical Agriculture (Trinidad)* 48(3): 185-196.
- Stover, R.H. 1976. Distribution and characteristics of the pathogens causing banana leaf spot. *Trop. Agric. (Trinidad)*. 53:111-114.
- Stover, R.H. 1980. Sigatoka leaf spot of bananas and plantains. *Plant Disease* 64:750-755.

Influencia de los factores ecofisiológicos sobre el comportamiento de la Sigatoka Negra en la zona bananera del Magdalena

Influence of the ecophysiological factors on the behavior of Black Sigatoka in the Magdalena banana growing area

H. de. J. Aislant, D. Gámez*, B. Nobmann de O.*,
V. M. Merchán*, A. Páez*, A. Hernández**

RESUMEN

Se estudió el efecto de factores ecofisiológicos sobre el comportamiento de la Sigatoka Negra en tres fincas ubicadas en zonas de presión alta, media y baja de la enfermedad. A través del primer ciclo de producción, hubo muy poca diferencia en los períodos de incubación y en la hoja más joven infectada (HMI) en los tres tratamientos; pero sí hubo diferencias significativas en el número de días para llegar al estado 6. También se observaron diferencias notables en las tres fincas en el promedio de las hojas funcionales (HF) a floración y cosecha, dado que para la finca de Sevilla fue de 12.2 y 9.4, respectivamente; para la de Riofrío fue de 14.8 y 10.4 y para la de La Aguja fue de 14.4 y 8.4 hojas, mostrando a esta última como la de menor promedio de hojas y menor tiempo para alcanzar el desarrollo total de la enfermedad, a pesar de estar ubicada en la zona considerada de baja presión.

ABSTRACT

The effect of ecophysiological factors on the behavior of the Black Sigatoka was studied in three trial sites located in areas of high, intermediate and low pressure of the disease. Throughout the first production cycle, the analysis showed very little difference in the periods of incubation and in the youngest leaf infected (YLI) in the three treatments, but there certainly were significant differences in the number of days to reach the state 6. Remarkable differences were also observed at the three farms in the average from the functional leaves (FL) to floral issue and harvest, since for the Sevilla site it was of 12.2 and 9.4, respectively; for the Riofrío farm it was of 14.8 and 10.4 and for the La Aguja farm it was of 14.4 and 8.4 leaves, showing this last farm as the one of lowest average of leaves and the shortest time to reach the total development of the disease, despite of being located in a low pressure area.

* Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, Av. Libertador 14-13. Santa Marta, Magdalena, Colombia. Tel: (095) 4216256; E-mail: icamagdalena@compunet.net.co

Uso de impulse 80 EC (Spiroxamina) en el combate de *Mycosphaerella fijiensis* en banano (*Musa* AAA).

Use of impulse 80 EC (Spiroxamine) FOR combat of *Mycosphaerella fijiensis* in bananas (*Musa* AAA)

Ómar Arias, Rodolfo Ceciliano y Roberto González

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en la finca experimental de Bayer ubicada en Guapiles, Costa Rica, donde se instalaron parcelas de 35 plantas por parcela con 4 repeticiones en un sistema de bloques completos al azar. Las dosis de Impulse 80 EC evaluadas fueron de 0.3 y 0.4 l/ha con 8 litros de aceite y NP7 al 1% del aceite en emulsión de 25 l/ha. Se realizaron 12 aplicaciones consecutivas a intervalos de 8 días entre aplicaciones. Los testigos utilizados fueron tridemorph a la dosis comercial y el testigo absoluto. Las variables evaluadas fueron severidad, hojas funcionales, hojas totales, hoja mas joven con estría y hoja mas joven con mancha.

Los resultados muestran diferencias altamente significativas entre Impulse 80 EC a 0.3 y 0.4 l/ha con respecto al testigo absoluto en todas las variables evaluadas. No se encontró diferencias significativas entre ambas dosis de Impulse 80 EC. Tampoco se encontró diferencias significativas entre las dosis de Impulse 80 EC y el tridemorph. Se concluye que bajo las condiciones de este ensayo, Impulse 80 EC afecta el desarrollo de Sigatoka Negra, de forma similar al fungicida tridemorph.

ABSTRACT

Research took place in the experimental farm of Bayer, located in Guapiles, Costa Rica, where plots of 35 plants with 4 repetitions in complete random blocks were established. Evaluated doses of Impulse 80 EC were of 0.3 and 0.4 L/ha, with 8 lt. of oil and NP7 at 1% of oil emulsion of 25 L/ha. Twelve consecutive applications were done at intervals of 8 days between applications. The commercial treatments used were Tridemorph at a commercial dose and the UTC. The evaluated variables were severity, functional leaves, total leaves, and younger leaf with streak and younger leaf with spot.

The results show differences highly significant between Impulse 80EC at 0.3 and 0.4 L/ha in comparison with UCT in all evaluated variables. No significant differences between both doses of Impulse 80EC were found, as well as between doses of Impulse 80EC and Tridemorph. It is concluded that under the conditions of this trial, Impulse 80EC affects the evolution of Sigatoka Negra, in a similar way as the fungicide Tridemorph.

I.

INTRODUCCIÓN:

La Sigatoka Negra, enfermedad causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* MORELET, se convirtió en el principal problema fitopatológico del cultivo de banano en Costa Rica, desde su entrada a mediados de 1979 (Marín y Romero, 1992).

Esta enfermedad ataca las hojas de las plantas, produciendo un rápido deterioro del área foliar cuando no se le combate. Afecta el crecimiento y productividad de las plantas al disminuir la capa-

cidad de fotosíntesis. También produce una reducción de la calidad de la fruta, al favorecer la maduración prematura de los racimos, lo cual es la mayor causa de pérdidas debido a esta enfermedad.

La presencia de esta enfermedad ha obligado a modificar las estrategias de combate, principalmente aumentando el número de aplicaciones por año, lo que unido a la poca existencia de fungicidas eficaces contra la Sigatoka Negra, con diferente modo de acción, ha traído como consecuencia,

* Bayer CropScience, Costa Rica, Apdo. 5103-1000 San José, Tel. (506)243-6000, e-mail: omar.arias@bayercropscience.com, roberto.gonzalez@bayercropscience.com

que el hongo desarrolle resistencia en diferente medida a gran parte de estos productos, provocando una importante pérdida de eficacia en el control de la enfermedad.

El objetivo de la investigación fue determinar la eficacia de Impulse 80 EC en el combate de *M. fijiensis* a nivel de laboratorio y campo, como también investigar la posibilidad de resistencia cruzada con alguno de los otros grupos químicos utilizados en banano. Desarrollado por Bayer CropScience, el Impulse 80 EC cuyo ingrediente activo es la spiroxamina, pertenece al grupo químico de las spiroketalaminas. Impulse 80 EC presenta un modo de acción diferente del resto de los productos utilizados en el mercado bananero ya que inhibe la síntesis del ergosterol pero en diferentes puntos, haciendo muy difícil la posibilidad de que el hongo adquiera resistencia a este ingrediente activo.

2. MATERIALES Y MÉTODO

La prueba se realizó entre el 15 de noviembre del 2001 y el 21 de febrero del 2002, en la ECA (Estación Experimental de Bayer en Centro América), ubicada en Río Jiménez, de Guácimo, Limón. Este lugar se encuentra a una altitud de 40 msnm, tiene una precipitación promedio anual de 4000 a 4.500 mm y una temperatura media anual de 25.2 C. Los suelos de la zona son aluviales, de origen volcánico, sueltos, profundos, con drenaje artificial y una alta fertilidad.

El clon de banano utilizado fue Gran Enano, con distancias de siembra de 2.50 m entre calle por 2.50 m entre plantas.

2.1 Descripción de Tratamientos:

Las aplicaciones de los tratamientos (cuadro 1), fueron iniciadas al tener las plantas entre 5 y 6 hojas verdaderas, utilizando un intervalo de aplicación de menor sugerido en el protocolo (8 días), debido a la alta presión de la enfermedad, como consecuencia de las condiciones climáticas durante el periodo del ensayo.

2.2 Orden de Mezcla

Las mezclas de los fungicidas se realizaron en emulsión, con una adecuada agitación antes, durante y posterior a la adición de cada uno de los siguientes ingredientes:

Cuadro 1. Descripción de tratamientos y dosis utilizadas en la evaluación de la eficacia biológica del Impulse 80 EC para el control de Sigatoka Negra.

Tratamientos	Dosis Producto Comercial	Dosis Ingrediente Activo
1. Testigo absoluto	----	----
2. Calixin 86 OL	0.50 L/ha	0.430 Kg./ha
3. Impulse 80 EC	0.30 L/ha	0.240 Kg./ha
4. Impulse 80 EC	0.40 L/ha	0.320 Kg./ha

1. Aceite: 8 litros por hectárea
2. Surfactante NP-7: 1% de la cantidad de aceite utilizada
3. Mitad del volumen de agua
4. Fungicida
5. Resto del agua

En total se realizaron 12 aspersiones foliares de los tratamientos durante un periodo de 105 días, utilizando una equipo de espalda motorizado marca "SOLO" equipado con un microaspersor de bajo volumen y calibrado para aplicar 25 litros por hectárea, para cobertura óptima.

2.3 Diseño experimental:

Se utilizó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar con 4 tratamientos y 4 repeticiones. Cada repetición fue constituida una parcela de 17.5 x 12.5 metros, con 35 plantas, de las cuales se seleccionaron y marcaron 5 plantas centrales, para realizar las evaluaciones.

2.4 Variables Evaluadas:

Para determinar el efecto de los tratamientos se realizaron las evaluaciones cada dos semanas durante el desarrollo del ensayo, evaluando las siguientes variables:

1. Severidad de la enfermedad (Escala de Stover modificada por Gauhl)
2. Hojas funcionales (área foliar sin necrosis)
3. Hojas totales
4. Hoja más joven con estría
5. Hoja más joven con mancha

2.5 Análisis de Datos

A los datos se le realizó un análisis de separación de medias, con el fin de establecer los coeficientes de variación, así como las diferencias estadísticas entre tratamientos, usando para ello la

prueba de “F” y la de Duncan, de rango múltiple a un nivel de significancia del 5%.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Severidad de la enfermedad:

Con respecto a los datos obtenidos para esta variable (cuadro 2), se puede notar que el testigo absoluto mostró los niveles más altos de severidad, lo que demuestra la alta presión de la enfermedad durante el desarrollo del ensayo.

En cuanto a los tratamientos aplicados con Impulse 80 EC a 0.3 y 0.4 litros por hectárea, se observó que estos al igual que el testigo comercial, logran diferenciarse del testigo absoluto 45 días después iniciarse las aplicaciones, salvo en la evaluación del 11 de enero, en la que una anormal disminución en el valor de Hojas Totales del testigo absoluto (cuadro 6), enmascaró temporalmente una menor severidad, lo que evitó que se diferenciara en esta fecha también.

Al comparar entre tratamientos aplicados se encontró que el Impulse 80 EC aplicado a 0.3 y a 0.4 L/ha, no presentó diferencias significativas con el testigo comercial (tridemorph 86 OL), en los valores de severidad, ni tampoco en el análisis de área bajo al curva de avance de la enfermedad realizado en esta variable (Cuadro 2).

3.2 Hojas Funcionales y Hojas Totales

En general para ambas variables, se observa que desde el inicio de las aplicaciones se presentaron condiciones favorables a la enfermedad, esto fundamentado en el hecho que el testigo absoluto mostró la menor cantidad de hojas funcionales y de hojas totales, durante todo el desarrollo del ensayo (cuadros 3 y 4).

Los tratamientos aplicados con Impulse a 0.3 y 0.4 litros por hectárea, al igual que en la evaluación de severidad, logran diferenciarse del testigo absoluto en las variables de hojas funcionales y de hojas totales 45 días después iniciarse las aplicaciones.

En estas variables tampoco se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos con Impulse 80 EC y el testigo comercial tridemorph 86 OL.

3.3 Hoja Joven con Estría y Hoja Joven con Mancha:

El testigo absoluto nuevamente mostró los valores más bajos, lo que significa que los síntomas de la enfermedad se encuentran en hojas más jóvenes que en los tratamientos (Cuadros 5 y 6). Esta diferenciación se observa al mes de iniciado de iniciadas las aplicaciones y se mantiene hasta el

Cuadro 2. Resultados obtenidos en la evaluación de Severidad de la Enfermedad, bajo el método de Promedio Ponderado de Infección (PPI). Metodología de Stover modificada por Gauhl.

Tratamientos.	15-Nov	29-Nov	14-Dic	27-Dic	11-Ene	24-Ene	8-Feb	21-Feb	ABC
Testigo absoluto.	0.0 a	0.46 a	0.77 a	1.19 a	0.88 a	0.90 a	1.01 a	0.95 a	92.9 a
0.5 L/ha	0.0 a	0.26 a	0.55 a	0.42 b	0.55 b	0.60 b	0.50 b	0.35 b	46.8 b
Tridemorph.	0.0 a	0.35 a	0.40 a	0.56 b	0.64ab	0.62 b	0.44 b	0.40 b	50.8 b
0.3 L/ha Impulse.	0.0 a	0.33 a	0.43 a	0.65 b	0.77ab	0.46 b	0.37 b	0.42 b	51.3 b

Letras iguales no difieren estadísticamente Duncan 5%.
ABC: Área bajo la curva de avance de la enfermedad.

Cuadro 3. Resultados obtenidos en la evaluación de Hojas Funcionales (área foliar sin necrosis).

Tratamientos.	15-Nov	29-Nov	14-Dic	27-Dic	11-Jan	24-Jan	8-Feb	21-Feb	ABC
Testigo absoluto.	5.7 b	7.2 a	8.2 a	7.5 b	6.6 b	6.6 b	6.9 b	6.9 b	782b
0.5 L/ha	5.8 b	7.7 a	8.3 a	10.0 a	10.4 a	10.4 a	11.1 a	11.0 a	1075a
Tridemorph.	6.5 a	7.8 a	9.1 a	9.8 a	10.5 a	10.1 a	10.8 a	10.7 a	1078a
0.3 L/ha Impulse.	5.8 b	7.7 a	8.7 a	9.2 a	9.8 a	9.8 a	10.4 a	10.6 a	1033a

Letras iguales no difieren estadísticamente Duncan 5%.
ABC : Área bajo la curva de avance de la enfermedad.

Cuadro 4. Resultados obtenidos en la evaluación de Hoja Totales.

Tratamientos.	15-Nov	29-Nov	14-Dic	27-Dic	11-Jan	24-Jan	8-Feb	21-Feb	ABC
Testigo absoluto.	5.7 a	7.4 a	8.6 a	8.6 b	7.2 b	7.2 b	7.6 b	7.6b	848a
0.5 L/ha Tridemorph.	5.8 a	7.8 a	8.7 a	10.4 a	10.9 a	11.0a	11.6 a	11.3a	1118a
0.3 L/ha Impulse.	6.5 a	8.0 a	9.4 a	10.3 a	11.1 a	10.7a	11.2 a	11.0a	1122a
0.4 L/ha Impulse.	5.8 a	7.9 a	9.0 a	9.9 a	10.5 a	10.5a	11.0 a	10.9a	1089a

Letras iguales no difieren estadísticamente Duncan 5%
 ABC : Area bajo la curva de avance de la enfermedad.

final del ensayo.

En estas variables, los tratamientos aplicados con Impulse a 0.3 y 0.4 litros por hectárea no se diferencian del testigo comercial tridemorph 86 OL.

4. CONCLUSIONES

- En todas las variables evaluadas, los tratamientos con Impulse 80 EC, a las dosis de 0.3 y de 0.4 litros por hectárea, demuestran un buen control de la Sigatoka Negra logrando diferenciarse significativamente del testigo absoluto.
- No se presentó diferencia significativa en el control de Sigatoka Negra entre las dos dosis de Impulse 80 EC, ni entre estas y el testigo comercial tridemorph 86 OL, en las variables de Se-

veridad, Hojas Funcionales, Hojas Totales y Hoja Joven con Estría.

LITERATURA CITADA

- Arrollo et al, 2002. Resistencia cruzada de la Spiroxamina con Triazoles y Tridemorf. Monreri S.A. San José, Costa Rica. *Sin Publicar*.
- González et al, 1997. Efecto del fosetil-al en el combate de Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*). Memorias de Acorbat, Ecuador, 721p.
- Jones 2000. Disease of Banana Abacá and Enset. AABI publishing. New York, USA.544p
- Marín y Romero 1992. El Combate de la Sigatoka Negra. Bole-tín No. 4. Corporación Bananera Nacional. Costa Rica. 22 p
- Bayer 1997. Spiroxamine, Technical Information. Bayer AG. Leverkusen, Alemania. 23 p.

Cuadro 5. Resultados obtenidos en la evaluación de Hoja Joven con Estría.

Tratamientos.	15-Nov	29-Nov	14-Dic	27-Dic	11-Jan	24-Jan	8-Feb	21-Feb	ABC
Testigo absoluto.	3.6 a	2.9 a	2.7 b	2.7 b	2.7 b	2.8 b	3.0 b	3.0 b	324 b
0.5 L/ha Tridemorph.	3.6 a	3.0 a	3.6 a	3.3 a	3.7 a	3.7 a	3.8 a	4.5 a	413 a
0.3 L/ha Impulse.	4.3 a	3.2 a	3.4 a	3.6 a	3.7 a	3.6 a	3.8 a	4.2 a	414 a
0.4 L/ha Impulse.	3.7 a	3.1 a	2.7 a	3.3 a	3.6 a	3.9 a	3.7 a	4.1 a	405 a

Letras iguales no difieren estadísticamente Duncan 5%.
 ABC : Area bajo la curva de avance de la enfermedad.

Cuadro 6. Resultados obtenidos en la evaluación de Hoja Joven con Mancha.

Tratamientos.	15-Nov	29-Nov	14-Dic	27-Dic	11-Jan	24-Jan	8-Feb	21-Feb	ABC
Testigo absoluto.	3.7 a	4.3 a	3.7 b	3.9 b	3.8 b	3.7 b	4.3 b	3.8 c	437 c
0.5 L/ha Tridemorph.	2.9 a	4.6 a	5.1 a	5.3 a	6.3 a	6.6 a	6.9 a	6.4 a	642 a
0.3 L/ha Impulse.	3.7 a	4.7 a	4.8 a	5.1 a	5.8 a	6.2 a	5.6 a	5.7 b	592 b
0.4 L/ha Impulse.	3.1 a	4.6 a	5.0 a	4.8 a	6.0 a	6.1 a	5.5 a	5.5 b	586 b

Letras iguales no difieren estadísticamente Duncan 5%.
 ABC : Area bajo la curva de avance de la enfermedad

Alternativas de manejo para el control biológico de Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en banano (*Musa* AAA)

Management alternatives for biological control of Black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) in banana (*Musa* AAA).

Arango, O. Maria Eugenia*

RESUMEN

La Sigatoka negra causada por *Mycosphaerella fijiensis* Morelet es la enfermedad más limitante del banano; altos costos por control químico de la enfermedad, y gran cantidad de aplicaciones de funguicidas por ciclo, han generado resistencia del patógeno y un deterioro creciente de los ecosistemas. La manipulación del ambiente del filoplano con la aplicación de sustratos, como mecanismos de control biológico redujo las aplicaciones de químicos en un 40% con resultados similares al tratamiento químico para las variables HMJM, grado de desarrollo de la enfermedad, hojas limpias y hojas enfermas.

ABSTRACT

Black Sigatoka caused by *Mycosphaerella fijiensis* Morelet is the more limitant disease for the banana; high costs for chemical control of the disease, and great amount of applications of chemical products for cycle have generated resistance by the pathogen and an increasing deterioration of the ecosystems. The manipulation of the environment of the phylloplane by the application of substrates, considered as one of the mechanisms of the biological control allowed to reduce the applications of chemistries in a 40% with results statistically similar to the results obtained for the chemical treatment for the variables stained younger leaf, degree of the disease, clean leaves and disease leaves.

I

INTRODUCCIÓN

El cultivo de banano es atacado por *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, de gran agresividad y difícil manejo, generando pérdidas productivas hasta del 100% (Macie *et al.* 1998). El control químico representa alrededor del 45% de los costos de producción (Plotz 1999), aumentando paulatinamente el número de aplicaciones y la resistencia del patógeno. CORBANA (1996) menciona para Costa Rica una disminución de los rendimientos de 2620 cajas ha⁻¹ año⁻¹ en 1990, a 1850 en 1994, pasando de 17 aplicaciones en 1993 a 35 en 1996. Para el año 2000 reporta entre 37 y 40 aplicaciones año por un valor de US \$ 1500 ha⁻¹ año⁻¹. A pesar de la efectividad de los quími-

cos, el interés por la conservación del ambiente y creciente demanda de productos más sanos reconoce el control biológico como una estrategia de manejo fitosanitario. La manipulación del ambiente, modificando las condiciones físicas y nutricionales del filoplano perjudica el establecimiento de patógenos, favoreciendo los antagonistas; el mecanismo requiere mayor investigación para determinar las variables nutricionales que intervienen en este proceso. (Morris y Rouse 1985).

OBJETIVO GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN

Evaluar el efecto de la aplicación de diferentes sustratos como una alternativa de control biológico.

* Universidad Autónoma de Manizales. A.A 441, Colombia. Tel: 57-68-814242; Fax: 57-68-810233; E-mail marango@telesat.com.co

co de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en el cultivo del banano (*Musa AAA*), dentro de una estrategia de manejo integrado de plagas.

Hipótesis

- La aplicación foliar de sustratos afecta el desarrollo de *Mycosphaerella fijiensis*.
- La aplicación foliar de sustratos favorece crecimiento y actividad de los microorganismos antagonistas a *Mycosphaerella fijiensis* Morelet.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

Estación experimental "La Montaña". Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza –CATIE-. Turrialba, Costa Rica.

Diseño Experimental

Diseño de bloques completos al azar, ocho tratamientos y cinco repeticiones, con 40 unidades experimentales de seis plantas del material "Gran Enano" provenientes de cultivo in vitro. El modelo lineal aditivo que represento el diseño está dado por la ecuación:

$$Y_{ij} = m + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde: Y_{ijkl} : Cualquier variable de respuesta; m : Media General del experimento; T_i : Efecto del tratamiento; B_j : Efecto del bloque y E_{ijk} : Error experimental.

Tratamientos

T1: Testigo; T2: Químico; T3: Sustrato A (leche + melaza + quitina); T4: Sustrato A + Químico; T5: Sustrato A + Orgánico; T6: Sustrato B (levadura de cerveza + quitina + nitrato de calcio); T7: Sustrato B + Químico; y T8: Sustrato B + Orgánico. El sustrato A consistió en la mezcla de quitina coloidal al 4.5%, melaza comercial al 2% y 40 g. de proteínas /l de sln. El sustrato B correspondió a la mezcla del nitrato de calcio al 0.3%, quitina al 4.5% y levadura de cerveza a razón del 8%. El pH de las soluciones se ajustó a 7 y se adicionó un adherente. La materia orgánica en T5 y T8 correspondió a 3kg. de gallinaza cada tres meses. Los fungicidas empleados fueron Tilt, Calixin y benlate, mas aceite agrícola en rotación.

Procedimiento experimental

Se experimentó con material "Gran enano, realizando evaluaciones semanales del desarrollo de la enfermedad, 18 en total. A partir de la quinta evaluación se dividió la población en plantas adultas (hasta inicio de parición) y plantas hijas.

Variables evaluadas

La HMJM fue un indicador del progreso de la enfermedad y determino el momento de las aplicaciones. Se evaluaron además total de hojas, hojas enfermas, hojas sanas y estado de la hoja candela y grado de desarrollo de la enfermedad. Mediante ANDEVAS se determinó si existía diferencia significativa entre tratamientos y mediante la prueba de Duncan se identificaron los mejores. (Steel y Torrie. 1996). El análisis se realizó independiente para plantas adultas e hijas. Hojas que al momento de evaluar habían sido retiradas de la planta ingresaron a la base de datos con grado 6. Igual procedimiento fue realizado para determinar las variables de respuesta hojas funcionales al momento de floración y de cosecha.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desarrollo de la enfermedad

La evaluación de la enfermedad se determinó empleando la escala de Stover modificada por Gaulh (CORBANA 1996), estimando visualmente el área foliar afectada hasta 12 hojas por planta, considerando la hoja uno como la mas cercana a la hoja candela y realizando el conteo en forma de espiral hacia abajo. Al evaluar la severidad de la enfermedad en el ensayo de uniformidad el ANDEVA no mostró diferencia significativa entre tratamientos ($p=0.2332$), al igual que para las variables hojas limpias ($p=0.1473$) y enfermas ($p=0.2905$); Para HMJM se detectó diferencia significativa, correspondiendo al inicio del ensayo T1 al grupo más sano y T7 al más enfermo. En la cuarta evaluación se observó superioridad de T2. A partir de la séptima evaluación se analizan independientemente plantas adultas e hijas; continua T2 como el mejor, seguido de T7 y T4. Presentaron el peor comportamiento T5 y T8. En la octava evaluación la mayor severidad la registran las plantas adultas, T5 con la menor respuesta, seguido

de T6 y T1; las plantas más sanas corresponden a T2, T7 y T4, al igual que para las hijas que a su vez presentaron mejor comportamiento para todas las variables comparadas con las adultas. T2 después de la décima evaluación varia su comportamiento para HMJM, siendo superado por T4 y T7; las hijas muestran la mejor respuesta para T7, T4 y T2 respectivamente, mientras T8, T5 y T3 registran la mayor severidad de la enfermedad. En la última evaluación para adultas el mejor comportamiento para la variable desarrollo de la enfermedad fue para T2, T4 y T7, comparados con el testigo T1, el cual registró el mayor grado de severidad seguido por T3 y T6. Los resultados obtenidos para las variables de respuesta hojas limpias, enfermas y HMJM no presentaron diferencia significativa entre tratamientos. (Figura 1)

Para plantas hijas se encontró diferencia significativa entre tratamientos para las variables grado de desarrollo de la enfermedad, hojas limpias, hojas enfermas y HMJM con una probabilidad de error de 1% ($p < 0.01$). Al someter los datos a comparación de medias mediante la prueba de Duncan se constató la superioridad de los tratamientos T2, T4 y T7 para el control de la enfermedad. (Figura 2).

El efecto de los tratamientos sobre el desarrollo de la enfermedad para plantas hijas mostró diferencia significativa para las variables hojas limpias y HMJM a una probabilidad de error de 1% ($p < 0.01$); Duncan detectó superioridad estadística para los tratamientos T2, T4 y T7 comparados con los tratamientos T1 y T5. (Figura 3).

Los resultados obtenidos para plantas adultas como se refirió en el párrafo anterior presentan una tendencia similar al grupo de las plantas hijas, aunque se observó una mayor severidad de la enfermedad en este

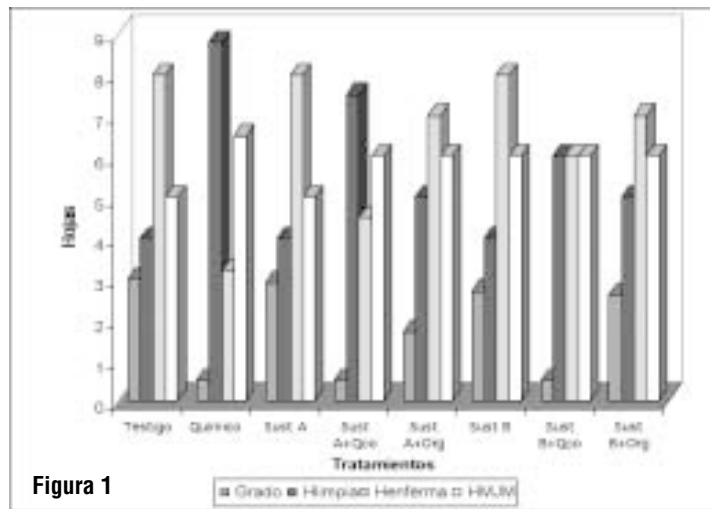


Figura 1

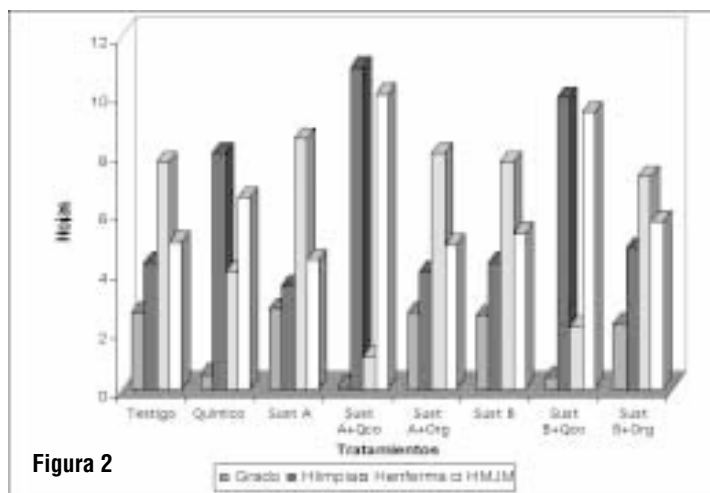


Figura 2

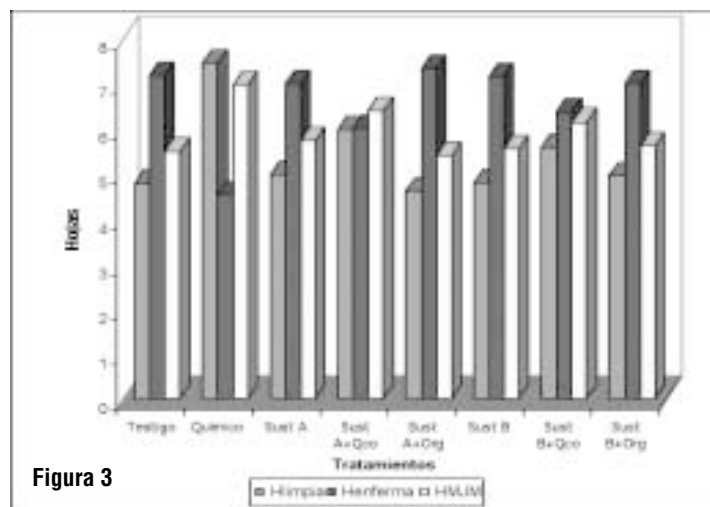


Figura 3

grupo. El ANDEVA mostró a T2, T4 y T7 con superioridad estadística tanto para la variable hoja limpia, como la variable HMJM. Los tratamientos T1, T5 y T3 se ubican dentro de los peores evaluados con relación al control de la enfermedad. (Figura 4).

Aunque el desarrollo de la enfermedad tuvo la misma tendencia para los dos grupos de plantas, es importante resaltar una menor severidad de la Sigatoka negra en términos generales para el grupo de plantas hijas bajo el efecto de los tratamientos T4 y T7, atribuible posiblemente a su exposición a los tratamientos durante todo su ciclo de vida, mientras que las plantas adultas iniciaron su exposición dos meses antes del belloteo para la mayoría de las plantas. Las plantas hijas presentaron 9.7 hojas limpias y su HMJM correspondió a la 9.54 para el tratamiento T4, mientras las plantas adultas registraron 7.47 hojas limpias y su HMJM fue la 6.2 para T8. Es importante resaltar la baja efectividad de los tratamientos T5 y T8, correspondientes a los sustratos A y B más materia orgánica; los resultados obtenidos en la investigación no coinciden con lo reportado en la literatura con relación al efecto de las enmiendas orgánicas sobre el fomento de la multiplicación y la diversidad de microorganismos antagonistas.

Número de hojas funcionales a cosecha y a floración

Se detectó diferencia significativa en el ANDEVA para las variables de respuesta hojas funcionales al momento de floración y de cosecha; mediante una prueba de Duncan se determinaron los mejores tratamientos, mostrando gran superioridad T7, T2 y T4. (Figura 5).

T7, T2 y T4 registraron 11.3, 11.04 y 10.8 hojas funcionales al momento de floración frente a T5, T8 y T1 con 8.1, 8.4 y 8.6 hojas funcionales respectivamente. Para el momento de la cosecha el número de hojas funcionales también registro diferencias significativas entre tratamientos, correspondiendo nuevamente los mejor

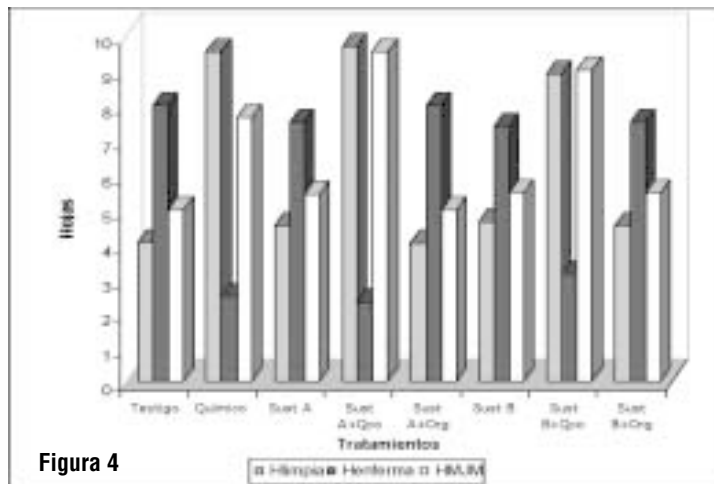


Figura 4

evaluados al T7, T4 y T2 con 6.17, 5.72 y 5.07 hojas funcionales respectivamente. Para el resto de los tratamientos no se observó diferencia significativa llegando al momento de la cosecha prácticamente sin hojas, produciendo un racimo sin valor comercial dado que plantas con menos de cuatro hojas al momento de la cosecha presentan maduración prematura en tránsito (Serrano y Marín 1998).

CONCLUSIONES

- La utilización de los sustratos (melaza + quitina + leche) y (quitina+glucano + nitrato de calcio) alternados con la aplicación de los funguicidas tradicionales permitieron reducir en 40% la aplicación de estos, convirtiéndose en una alternativa de gran potencial para el

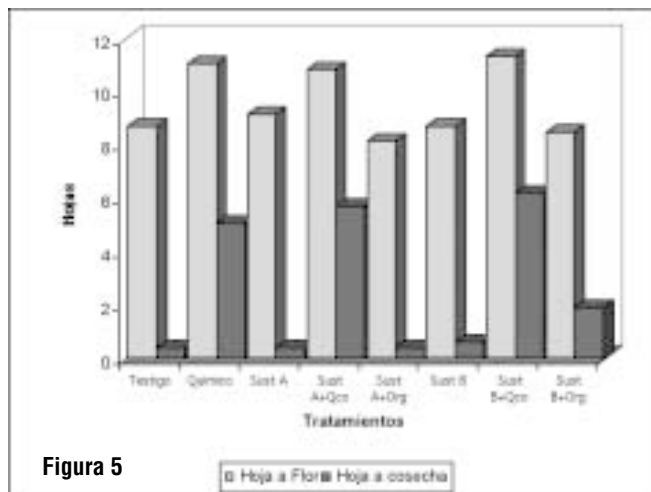


Figura 5

- combate de la enfermedad.
- La exposición del grupo de las plantas hijas al efecto de los sustratos desde sus etapas iniciales permitió un mejor comportamiento con relación a las variables de respuesta HMJM, grado de desarrollo de la enfermedad y total de hojas limpias, en comparación con el grupo de las plantas adultas.
 - Los resultados obtenidos para los tratamientos T5 (sustrato A + orgánico) y T8 (sustrato B + orgánico) suponen un manejo inadecuado en cuanto a dosis y época de aplicación dado el efecto positivo que tienen las enmiendas orgánicas en la disminución y regulación de las poblaciones de patógenos reportado en la literatura.
 - Hay compatibilidad entre los diferentes tipos de antagonistas favorecidos con los sustratos y los fungicidas empleados comercialmente para el control de la enfermedad.

RECOMENDACIONES

- Realizar ensayos de validación a nivel comercial donde se eliminen los subsidios de un tratamiento a otro por efecto de la deriva dada la proximidad entre parcelas y así poder generar información de mayor confiabilidad con relación al efecto por tratamiento.
- Realizar investigación mas detallada para determinar la cantidad y tipo de nutrientes presentes en la filosfera y su efecto real sobre la multiplicación de los antagonistas.
- Evaluar en campo la multiplicación y dinámica de los antagonistas utilizando diferentes intervalos de tiempo entre las aplicaciones de los sustratos.
- Realizar ensayos utilizando diferentes fuentes, dosis y épocas de aplicación de enmiendas or-

gánicas, aplicadas conjuntamente con los sustratos referidos para evaluar sus efectos sobre el desarrollo de la enfermedad.

- Gran aversión al riesgo por parte de los productores y una gran seguridad conferida por los fungicidas frente al manejo de la enfermedad requieren el desarrollo de proyectos con la participación de ellos para la transferencia de tecnologías limpias .
- Realizar trabajos sobre formulación de los sustratos para darles mayor estabilidad en condiciones de campo.

AGRADECIMIENTOS

A la Fundación W.K. Kellogg por haber financiado mis estudios de maestría y a los Drs. Elkin Bustamante y Francisco Jiménez por su excelente apoyo y confianza.

BIBLIOGRAFÍA

- Arango, O. M. 2000. Manejo de sustratos para el control biológico de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en el cultivo del banano (*Musa AAA*). Tesis maestría. Turrialba. Costa Rica. 102 p.
- Corporación Bananera Nacional -CORBANA-. 1996. Sigatoka negra: un grave problema en los bananales de Costa Rica. Carta informativa. Costa Rica.
- Maciel, C. Z. 1998. Black sigatoka confirmed in brazil. In: Infomusa. The international magazine on banana and plantain. Vol 7 (1): 31.
- Marín, D.; Romero, R. 1998. El combate de la Sigatoka negra. In: Divulgación científica al servicio del productor bananero nacional. CORBANA. San José. Costa Rica. P 104-129.
- Morris, C.; Rouse, D. 1985. Role of nutrients in regulating epiphytic bacterial populations. In: biological control of the phylloplane. c.e. windels and c.e. lindow, eds. Minnesota, aps. P 63-82.
- Plotz, R. 1999. La más importante enfermedad en la fruta más importante. Florida, u.s.a. tropical research and education center, University of Florida, IFAS. [en línea]. [consultado el 17 de noviembre de 1998].
- Steel, R.; Torrie, J. 1988. Bioestadística. Principios y procedimientos. McGraw-Hill. Mexico. 622 p.

Efecto de una fuente de energía, tres inductores de resistencia y un sustrato foliar sobre Sigatoka Negra en banano

Effect of an energy source, three resistance inductors and a foliar substrate on Black Sigatoka on banana

Luis Fernando Patiño H.*

RESUMEN

Los cultivares de banano Gran Enano y FHIA 23 fueron evaluados bajo condiciones de invernadero con tres inductores de resistencia (Asm, *P. fluorescens* y fluido de esporas en germinación) y un sustrato foliar a base de quitina y glucano, contra la enfermedad Sigatoka Negra; en ausencia y presencia de lombricompost y melaza como fuente de energía. La resistencia inducida fue mayor en FHIA 23 que en Gran Enano. El lombricompost mostró efecto significativo sobre la inducción de la resistencia, además de que este también mostró incremento en defensa. La capacidad de inducción resultó afectada por las condiciones de inoculación. Asm produjo alta inducción de resistencia en ambos cultivares, la rizobacteria pudo inducir resistencia en FHIA 23 cuando la fuente de energía estuvo presente. El fluido de esporas en germinación indujo resistencia en FHIA 23 en presencia de la fuente de energía, luego de inoculación artificial. Se obtuvo un alto control de la enfermedad mediante la aplicación del sustrato foliar.

En condiciones de campo para el cultivar Gran Enano, Asm incrementó el control de la enfermedad ofrecido por el sistema estándar. El lombricompost más una fuente de fósforo no mostraron efecto sobre la inducción vía Asm. La rotación de fungicidas con el sustrato foliar produjo un menor control que el sistema estándar. En presencia de la fuente de energía, la combinación de fungicidas con Asm en rotación con el sustrato foliar presentó un nivel de control similar al control químico estándar.

ABSTRACT

Banana cultivars Gran Naine and FHIA 23 were evaluated under greenhouse conditions with three resistance inductors (Asm, *P. fluorescens* and a spore germination fluid) and a foliar substrate composted by chitin and glucan, against black Sigatoka disease, in absence and presence of an energy source represented by vermicompost and molasses. The induced resistance was higher in FHIA 23 than Gran Naine. Vermicompost had a significant effect on resistance expression, besides it showed also resistance induction. The induction capacity was affected by inoculation conditions. High induction was produced by Asm in both cultivars, rhizobacteria can induce resistance in FHIA 23 when the energy source was present. Spore germination fluid just induced resistance in FHIA 23 with energy source was present after artificial inoculation was used. High control of the disease was given by the foliar substrate.

Under field conditions for Gran Naine cultivar, Asm incremented the disease control of standard system of fungicides. Vermicompost and phosphorus did not have effect on improvement of induction by Asm. Fungicides rotation with foliar substrate offered less control than the standard operation practice. In the presence of the energy source, combination of fungicides with Asm in rotation with foliar substrate had a similar control level than the standard chemical control.

I

INTRODUCCIÓN

Se considera que la enfermedad foliar más destructiva para los cultivos de banano y plátano es la Sigatoka Negra causada por el hongo ascomiceto *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, es-

tado perfecto de *Paracercospora fijiensis* (Morelet) Deighton. Esta enfermedad ataca las hojas de las plantas, produciendo un rápido deterioro del área foliar cuando no se controla. También, produce una reducción en la calidad de la fruta, al favorecer la maduración prematura de los racimos, causa prin-

* Director del Centro de Investigaciones del Banano CENIBANANO-AUGURA. Urabá-Colombia. Tel: 57(4) 321 13 33; Fax 57(4) 321 41 90. E-Mail: lpatino@augura.com.co

cial de pérdidas debida a ésta enfermedad (Marín y Romero 1992).

Se ha generado información sobre el efecto de microorganismos que alteran la pared celular del patógeno, y que promueven el crecimiento y los mecanismos de resistencia en la planta de banana (Gonzales 1996; Miranda 1996; Vallecillo 1996; Gutiérrez 1996; Ruiz. Silvera *et al.* 1997; Camacho 1997; Talavera *et al.* 1998; Arango 2000; Patiño 2001). La investigación sobre esta enfermedad también reporta otras maneras diferentes de control como la adquisición de resistencia a través de la aplicación de inductores derivados del mismo patógeno (Riveros y Lepoivre 1998) y de sustancias químicas sintéticas, algunas de éstas ya comerciales (Madrigal *et al.*, 1998; Hoss *et al.* 2000; Patiño 2001). La defensa activa en plantas está asociada con incrementos en actividad biológica que demandan energía por parte de la planta (Smedegaard-Petersen y Tolstrup 1985; Bustamante y Patiño 2001; Patiño 2001).

Con la presente investigación se pretendió contribuir al desarrollo de tecnologías alternativas para el control de Sigatoka Negra en banana por medio de inductores de resistencia a la enfermedad, al igual de un sustrato foliar que altere el establecimiento del patógeno.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo bajo condiciones de laboratorio e invernadero, en el área de Fitoprotección del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), situado en Turrialba-Costa Rica. Se realizó una fase de campo en el área experimental de la compañía DEL MONTE S.A. (Bandeco) ubicada en la zona de Siquirres- Costa Rica.

En la fase de invernadero se utilizaron los materiales Gran Enano (AAA) clasificado como altamente susceptible a la Sigatoka Negra y FHIA 23 (AAAA) como tolerante (Orjeda *et al.* 1999). Para la fase de campo se evaluó la respuesta de los tratamientos en el cultivar comercial Gran Enano. La metodología de preparación, aplicación y evaluación de los tratamientos se describe en Patiño (2001); la investigación contó con las siguientes fases:

Fase de invernadero. Ensayo 1

Este ensayo consistió de los siguientes tratamientos:

FE	0 (agua)	A1	B1	S	ABS
LC0	M0	T1	T2	T3	T4
	M1	T5	T6	T7	T8
LC1	M	T9	T10	T11	T12
	M1	T13	T14	T15	T16 T17

FE= Fuente de Energía, *LC* = Lombricompost, *M* = Melaza, *0*: ausencia *1*: presencia. *A1* = Acibenzolar-s-metil (2 cc de i.a./litro) *B1* = *Pseudomonas sp*; *S* = Sustrato Foliar (Quitina + Glucano). Por disponibilidad de material, en el cultivar FHIA 23 no se incluyeron los tratamientos que comprendían *S* a excepción del tratamiento ABS. En el cultivar Gran Enano se evaluaron todos los tratamientos.

En este ensayo las plantas fueron inoculadas con *M. fijiensis* en forma natural, bajo condiciones de baja presión de enfermedad (Patiño 2001).

Fase de invernadero. Ensayo 2

Debido a síntomas de toxicidad encontrados con la dosis inicial de Acibenzolar-s-metil (Asm), se evaluó una segunda dosis de éste producto, al igual que otra cepa de *P. fluorescens* y un inductor obtenido de fluido de conidias de *M. fijiensis* en germinación. El efecto de estos inductores fue evaluado en presencia y ausencia de lombricompost. La distribución de los tratamientos fue la siguiente:

FE	0 (agua)	A2	B2	F
LC0	T1	T2	T3	T4
LC1	T5	T6	T7	T8

FE= Fuente de Energía, *LC* = Lombricompost, *0*: ausencia *1*: presencia. *A2* = Acibenzolar-s-metil (0.2 cc de i.a./litro) *B2*= *Pseudomonas fluorescens*. *F*= Fluido de esporas de *M. fijiensis* en germinación.

En este ensayo las plantas fueron inoculadas con *M. fijiensis* en forma artificial y natural bajo condiciones de alta presión de enfermedad (Patiño 2001).

Fase de campo

En esta fase se establecieron 10 tratamientos tomando como parcelas totales hileras de 12 plantas y como parcela útil las 4 plantas centrales. Se usaron tres repeticiones (bloques) por tratamiento. La distribución de los tratamientos para esta fase fue la siguiente:

FE	SOE	SOE + Asm 40 gr de i.a/ha cada 35 días	SOE + Asm 15 gr de i.a/ha cada 20 días	SF en rotación con SOE	SF en rotación con SOE+ Asm 15 gr de i.a/ha cada 20 días
LC0	T1	T2	T3	T4	T5
LC1	T6	T7	T8	T9	T10
FE= Fuente de Energía SOE= Sistema de Operación Estándar de control químico - Bandeco 2001 SF= Sustrato Foliar (Quitina + Glucano) LC = Lombricompost. 0= ausencia 1= presencia, como complemento a esta fuente de energía, se incluyó la aplicación foliar de Phos-pro (P_2O_5 18% + Ca 4%) a una dosis de 0.5 litros/ha.					

VARIABLE DE RESPUESTA

Para la fase de invernadero se evaluó la severidad de Sigatoka Negra 50 días después de la inoculación, de acuerdo a Romero y Sutton (1998). En la fase de campo esta misma variable fue medida cada dos semanas. En ambos casos se utilizó la escala de severidad de enfermedad según la metodología de Stover modificada por Gauhl (1989).

Los datos provenientes de cada uno de los ensayos de la fase de invernadero, fueron analizados con base en un diseño de parcelas divididas dentro de un diseño completamente aleatorizado, con tres repeticiones. Al interior de cada cultivar se realizó un análisis factorial. Para la fase de campo se utilizó un arreglo factorial sobre un Diseño de Bloques al Azar, con tres repeticiones. Se recurrió al procedimiento Generalized Linear Models (GLM) del sistema SAS versión 8 (1999) para el análisis de la información.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fase de invernadero

La respuesta de los tratamientos estuvo influenciada por el tipo de cultivar (Figura 1). Con inoculación natural, bajo condiciones de baja presión de enfermedad se detectó en los **tratamientos testigo (0)** de Gran Enano, un efecto positivo del lombricompost sobre la reducción de la severidad, indicando que entre los microorganismos presentes en este sustrato pueden existir especies capaces de activar mecanismos de defensa en la planta, lo cual ha sido encontrado en otros estudios (Zhang *et al.* 1998). Este efecto del lombricompost también se pudo apreciar en FHIA 23 pero en un menor nivel de severidad, debido probablemente a la resistencia que posee este cultivar. No se en-

contró efecto de la melaza sobre la severidad de Sigatoka Negra.

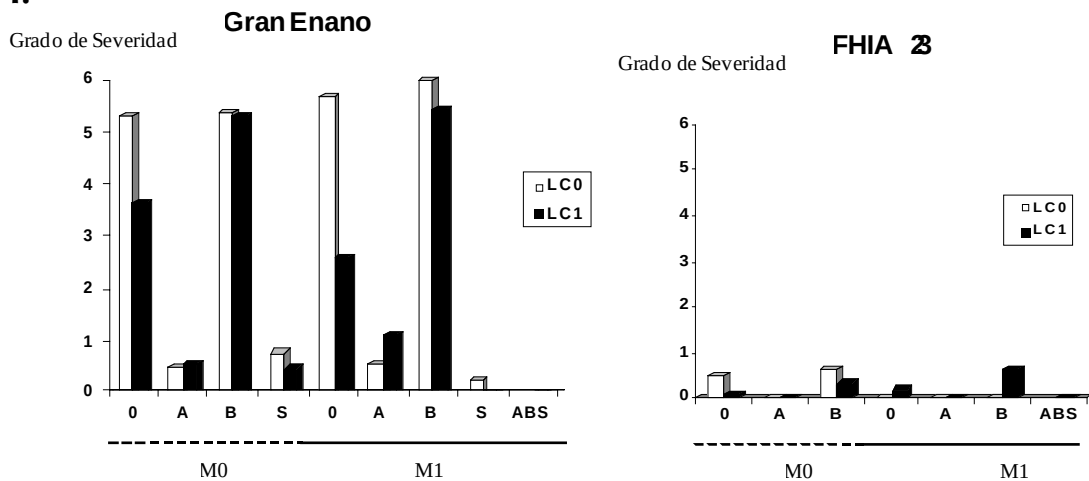
En estas condiciones de presión de enfermedad, **Asm** redujo en forma drástica los niveles de severidad de la Sigatoka Negra. La acción del lombricompost sobre este inductor no se observó dado el alto nivel de control encontrado.

En el cultivar FHIA 23, resultó difícil detectar diferencias entre los tratamientos a los 50 días después de la inoculación natural. Al permitir 10 días adicionales para el desarrollo de la enfermedad, aunque ésta aumentó con relación a los niveles encontrados a los 50DDI, no se encontró efecto del LC sobre la severidad, ésta continuó siendo baja; pero en este caso, si se detectó efecto significativo de los tratamientos (Figura 1). Bajo estas condiciones el Asm hizo que el cultivar altamente susceptible, se asemejara a los niveles de defensa que posee FHIA 23; indicando que a pesar de su condición de susceptibilidad es posible activar genes relacionados con la defensa hacia Sigatoka Negra.

La **rizobacteria** no redujo la severidad de la enfermedad en Gran Enano, mientras que en FHIA 23 mas subsidio energético se detectó una reducción significativa, apoyando el planteamiento de que éste subsidio junto con un nivel de resistencia en el hospedero facilitan la inducción, un resultado similar reporta Van Peer y Schippers (1992) en un cultivar de clavel con nivel intermedio de resistencia a marchitez por fusarium y la rizobacteria *Pseudomonas sp.*

En condiciones de inoculación artificial (Figura 2), el lombricompost redujo nuevamente en forma significativa la severidad de la enfermedad en el cultivar Gran Enano. Sin embargo con la inoculación natural (Figura 3), el lombricompost no causó en ninguno de los dos materiales reducción de

I.



II.

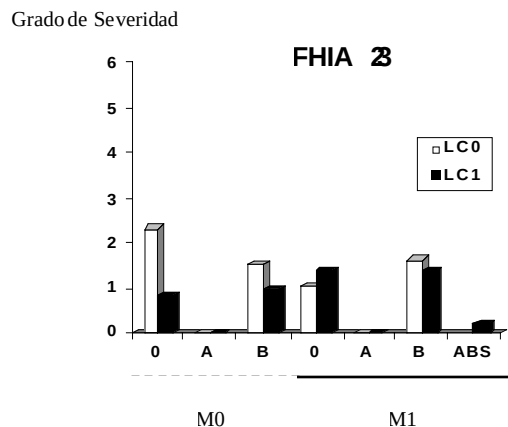


Figura 1. Severidad de Sigatoka Negra en los cultivares Gran Enano y FHIA 23. I cincuenta días después de inoculación (DDI), II sesenta DDI. FE= Fuente de Energía, LC = Lombricompost, M= Melaza, 0: ausencia 1: presencia. A= Acibenzolar-s-metil (2cc de i.a./litro) B= rizobacteria *Pseudomonas sp* cepa B1; S= Sustrato Foliar.

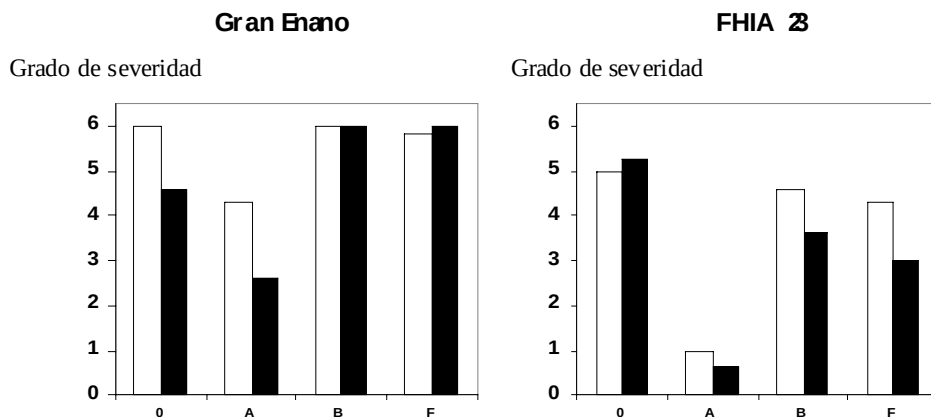


Figura 2. Interacción lombricompost por tratamientos, para severidad de Sigatoka Negra, 50 DDI artificial. Ensayo 2 de invernadero. □ = LC0 ■ = LC1. A= Acibenzolar-s-metil (0.2cc de i.a./litro) B= rizobacteria *Pseudomonas fluorescens* cepa B2; F= Fluido de esporas de *M. fijiensis* en germinación.

severidad; esto pudo deberse a una alta presión de inóculo constante por 10 días al a que se vieron sometidas las plantas, lo cual impidió la expresión de resistencia inducida por parte de microflora posiblemente presente en el lombricompost. La relación inversa entre concentración de inóculo y capacidad inductora de resistencia por acción de compost es reportada por Zhang *et al.* (1998) .

La resistencia de FHIA 23 en condiciones de baja presión de inóculo (Figura 1) cambió drásticamente al presentarse altos niveles de enfermedad durante la inoculación (Figuras 2 y 3), observando valores de severidad semejantes a los encontrados en Gran Enano; este resultado ha sido fue encontrado por Guzmán *et al.* (2000) bajo condiciones de campo. No obstante, en condiciones muy favorables para la enfermedad, el Asm elevó el nivel de resistencia del cultivar FHIA 23 (Figura 3). Este hecho señala el gran potencial del Asm sobre materiales con niveles intermedios de resistencia a las enfermedades.

Se halló diferencia en reacción a la enfermedad entre hojas tratadas y no tratadas localmente con Asm, planteando que la activación de las defensas puede ocurrir en forma localizada y no sistémica a través de toda la planta; por lo tanto una aplicación mas frecuente del producto ofrecería mayor oportunidad para que las hojas reciban el producto en forma directa. Es necesario determinar la acción sistémica del producto en banano, para

aumentar su potencial de control de la Sigatoka Negra.

Bajo las condiciones del presente estudio, el fluido de esporas de *M. fijiensis* en germinación no redujo la severidad de la enfermedad en Gran Enano, diferente a lo encontrado en FHIA 23 bajo condiciones de inoculación artificial, donde el incremento en defensa fue significativo con la participación del lombricompost; señalando la importancia del subsidio energético. No se observó reducción de severidad con el fluido luego de inoculación natural en condiciones muy favorables para la Sigatoka Negra, atribuyendo a la mayor presión de enfermedad la incapacidad protectora del inductor.

El **sustrato foliar** bajo condiciones de inoculación artificial y natural y posterior evaluación en invernadero, fue un tratamiento muy eficaz en el control de la enfermedad, lo cual coincide con los resultados de Ruiz-Silvera *et al.* (1997) y Arango (2000). Una menor presión de enfermedad durante la inoculación natural, facilita la efectividad del tratamiento. El alto nivel de control no permitió observar incremento significativo, al combinar el sustrato foliar con el Asm, o al incluir lombricompost o melaza.

A pesar de la semejanza en la respuesta de los tratamientos evaluados después de los **dos tipos de inoculación (natural y artificial)**, se considera mas representativo, económico y confiable trabajar con

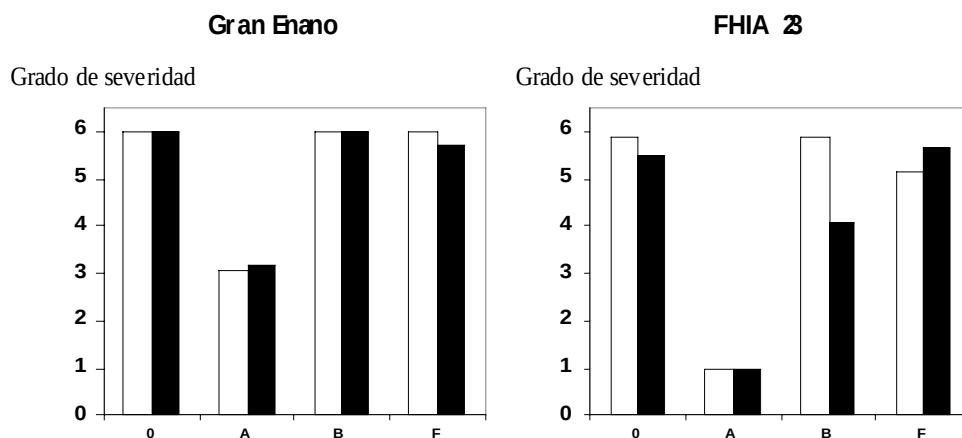


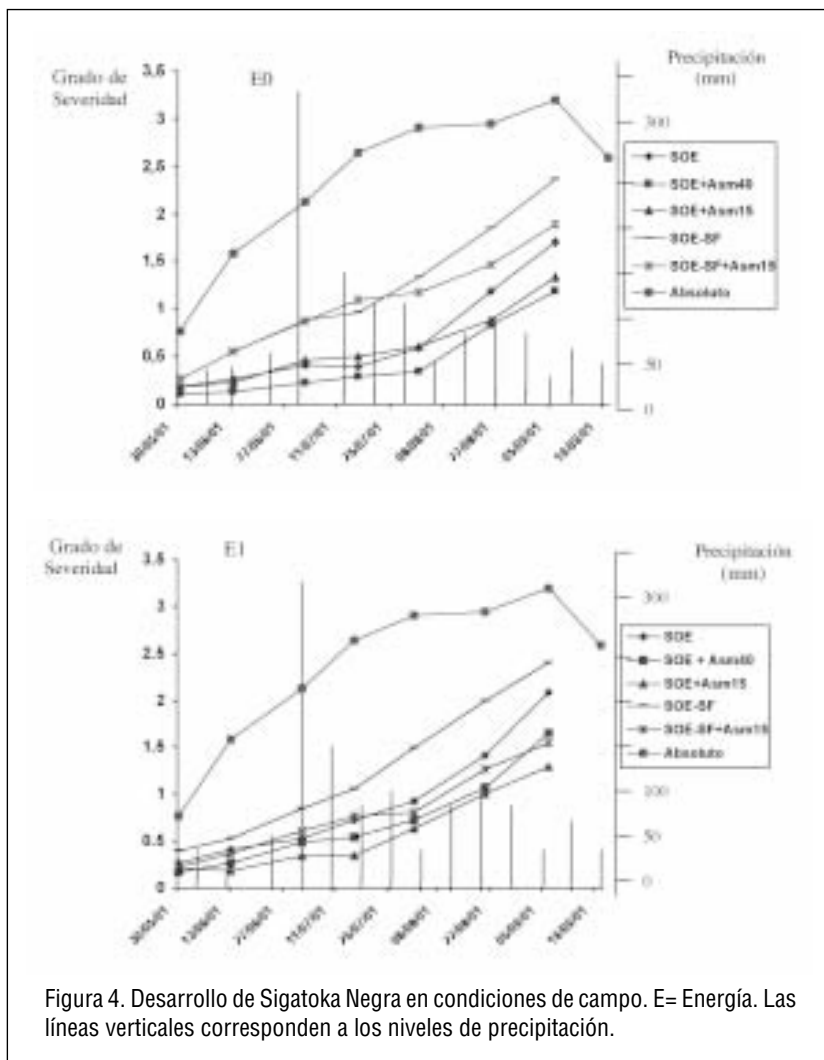
Figura 3. Severidad de Sigatoka Negra, 50 DDI natural. Ensayo 2 de invernadero. = LC0 = LC1. A = Acibenzolar-s-metil (0.2cc de i.a./litro) B = rizobacteria *Pseudomonas fluorescens* cepa B2 F= Fluido de esporas de *M. fijiensis* en germinación.

inoculación natural, ya que con este tipo de inoculación, dependiendo de las condiciones climáticas, generalmente predominan las ascosporas sobre las conidias, siendo las primeras epidemiológicamente más importantes para el desarrollo de la enfermedad (Gauhl 1990); además de la proximidad que se tiene con este tipo de inoculación a las condiciones reales de la enfermedad en campo.

En la **fase de campo**, se encontró reducción en los niveles de enfermedad al incluir **Asm** en el sistema de operación estándar de fungicidas (Figura 4), coincidiendo con lo reportado por Madrigal *et al.* (1998), aunque en el presente estudio no se obtuvieron diferencias estadísticas. Las ganancias

en control fueron del orden de 30.4 % y 22.2 % en menor severidad para los programas de Asm 40 y 15 gr/ha respectivamente; similar a la reducción de 20.6 % reportada por Madrigal *et al.* (1998) para el primer programa, igualmente con referencia a una práctica estándar de control.

A pesar de no encontrar diferencia entre los dos programas de Asm, es importante tener presente el estudio de Godard *et al.* (1999), en el cual se indica que los máximos de inducción de SAR mediante la aplicación de BTH ocurren los primeros días después del tratamiento, sugiriendo que un programa de mayor frecuencia de aplicación, tendría más picos de expresión de defensa con relación a un programa de menor frecuencia. Sin embargo, esta



observación requiere ser corroborada en banano.

En el presente estudio se encontró que Asm puede afectar la capacidad de elongación del tubo germinativo de las ascosporas de *M. fijiensis*, la reducción fue menor en la muestra tomada del tratamiento SOE en el experimento de campo, donde se encontró una $EC_{50} = 0.2553$ ppm. En la finca comercial de banano que recibe control estándar de la enfermedad la reducción fue mayor, obteniéndose una $EC_{50} = 0.0092$ ppm. Esta respuesta lleva a no descartar un efecto antimicrobial directo de la molécula sobre alguna etapa de desarrollo del patógeno.

Muestras de tejido tratadas y no tratadas con Asm procedentes de campo, al ser observadas con Microscopía Electrónica de Transmisión (MET) revelaron una alta diferencia ultraestructural. Dentro de estas diferencias se tiene el efecto sobre cloroplastos en el caso de las hojas tratadas, donde estas organelas presentaron gran cantidad de cuerpos osmiofílicos, por su afinidad de tinción con el Osmio; dichas estructuras fueron identificados inicialmente por ¹ Corrales (2000 comunicación personal). De igual forma se observó una tendencia a presentarse mayor número de mitocondrias y alteración de los tilacoides del cloroplasto en las células que recibieron este inductor; lo que podría estar indicando un alto metabolismo en la célula activada.

La fuente de energía, representada en el lombri-compost complementado con fósforo y calcio, no favoreció la acción de Asm en condiciones de campo. Este resultado puede explicarse por la presión de inóculo y las condiciones de estrés, en especial hídrico, a que se vieron sometidas las plantas al inicio del experimento; lo que probablemente desvió la energía a utilizar en la inducción.

En las condiciones de campo donde fue evaluado el **sustrato foliar**, no se obtuvo un acercamiento al control estándar de la enfermedad, aunque si se logró reducción de la enfermedad con respecto al testigo absoluto (Figura 4). Arango (2000) reporta para un programa de rotación de este sustrato foliar con fungicidas sistémicos y un volumen de aplicación terrestre de aproximadamente 110 litros de sustrato foliar/ha y niveles de precipitación promedio de 2500 mm/año, un nivel de control esta-

dísticamente similar al ofrecido por un programa basado solo en fungicidas tradicionales; indicando el potencial de los sustratos foliares en zonas con niveles de precipitación bajos a moderados.

La inclusión de Asm en la rotación del sustrato foliar con el sistema estándar de fungicidas en presencia de la fuente de energía, se aproximó al control ofrecido por el sistema estándar solo aunque no en forma significativa. Este resultado sugiere que este inductor pudo extender la acción de los fungicidas y favorecer el efecto del sustrato foliar o bien la ganancia en control puede ser atribuida a la acción conjunta del Asm y el sustrato foliar.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Elkin Bustamante Rojas, por la orientación de la investigación.

A la Asociación de Bananeros de Colombia AUGURA y su Centro de Investigaciones del Banano CENIBANANO, por el respaldo al presente trabajo.

Al grupo de Fitoprotección e Histología vegetal del CATIE por la asesoría recibida.

Al Dr. Douglas H. Marín, al MSc. José Francisco Rodríguez y grupo de Fitopatología de Bandeco Costa Rica por su disposición y gran colaboración.

A Syngenta Costa Rica, Ingenieros Omar Corrales y Alejandro Madrigal, por su gran apoyo.

LITERATURA CITADA

- Alexander, SA; Graves, AS. 2001. Controlling bacterial speck with acibenzolar-S-methyl in staked tomatoes. *Phytopathology* 91: S2.
- Arango, ME. 2000. Manejo de sustratos para el control biológico de Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en el cultivo del banano (*Musa AAA*). Tesis Mag. MSc. Turrialba, CR, CATIE. 102 p.
- Bustamante, E; Patiño, LF. 2001. En búsqueda de un sistema de resistencia estable en plantas cultivadas. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 60: 3 – 14.
- Camacho, AJC. 1997. Evaluación de microorganismos promotores de crecimiento e inductores de resistencia a Sigatoka Negra (*M. fijiensis*) en Banano (*Musa sp*) y algunas observaciones sobre la gutación. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 122 p.
- Gauhl, F. 1990. Epidemiología y ecología de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*, MORELET) en plátano (*Musa sp*) en Costa Rica. Panamá, UPEB 114p.
- González, R; Bustamante, E; Shannon, P; Okumoto, S. 1996. Evaluación de microorganismos quitinolíticos antagonistas a *Mycosphaerella fijiensis* en casa de mallas y campo. *Manejo Integrado de Plagas* 40: 12-16.
- Godard, J-F ; Ziadi, S ; Monot, C ; Le Corre, D ; Silué, D. 1999. Benzothiadiazole (BTH) induces resistance in cauliflower (*Brassica oleracea* var *botrytis*) to downy mildew of crucifers

1. Omar Corrales Ávila, Ing. Agr. Syngenta Costa Rica. Desarrollo Banano.

- caused by *Peronospora parasitica*. Crop Protection 18: 397-405.
- Gutiérrez, CFA. 1996. Estudio de factores en la inducción de resistencia a *Mycosphaerella fijiensis* y promoción de crecimiento en plantas de banano. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 91 p.
- Guzmán, M; Murillo, G; Villalta, R. 2000. Estabilidad de la resistencia a la Sigatoka negra en híbridos de banano (*Musa AAAA*) con un nivel intermedio de resistencia al patógeno. Corbana Informe Anual 1999. Mayo 2000. San José, CR. P. 31-33.
- Hoss, R; Helbig, J; Bochow, H. 2000. Function of host and fungal metabolites in resistance response of banana and plantain in the Black sigatoka disease pathosystem (*Musa* spp-*Mycosphaerella fijiensis*). Journal of Phytopathology 148 (7/8): 387-394.
- Madrigal, A; Ruess, W; Staehle-Csech, U. 1998. CGA 245704, a new plant activator to improve natural resistance of banana against Black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*). In Reunión Acorbat (13,1998, Quito, Ecuador). Memorias. Quito, Ecuador. p.266-274.
- Marin, VD; Romero, CR. 1992. El combate de la Sigatoka Negra. Corporación Bananera Nacional, Costa Rica. Boletín No. 4. 22p.
- Miranda, CJE. 1996. Evaluación de microorganismos antagonistas al hongo *Mycosphaerella fijiensis* (Morelet), colocados en el interior y exterior de la planta de banano. Tesis Mag. MSc. Turrialba, CR; CATIE. 101p.
- Orjeda, G; Escalant, JV; Moore, N. 1999. Programa internacional de evaluación de *Musa* (IMTP) fase II sinopsis del informe final y resumen de los resultados. Infomusa (Montpellier) 8 (1) : 3-10.
- Pasberg-Gaahl, C. 1991. Symptom development of Black Sigatoka leaf spot on young or adult banana and plantain plants after natural inoculation. In Gold, CS; Gemmill, B. Eds. Biological and Integrated Control of Highland Banana and Plantain Pests and Diseases. Proceedings of a research Coordination Meeting. Cotonou, Benin. 12-14 November. 1991. Davis, California. p.263-275.
- Patiño, LF. 2001. Efecto de una fuente de energía, tres inductores de resistencia y un sustrato foliar sobre Sigatoka Negra en banano. Tesis Mag. MSc. Turrialba, CR; CATIE, 91p.
- Riveros, AS; Lepoivre, P. 1998. Alternativas bioquímicas para el control indirecto de Sigatoka en musaceas. In Reunión Acorbat (13,1998, Quito, Ecuador). Memorias. Quito, Ecuador. p.436-447.
- Romero, RA; Sutton, TB. 1998. Characterization of benomyl resistance in *Mycosphaerella fijiensis*, cause of Black Sigatoka of banana, in Costa Rica. Plant Disease 82 (8):931-934.
- Ruiz-Silvera, C; Bustamante, E; Jiménez, F; Saunders, JL; Okumoto, S; González, R. 1997. Efecto de sustratos sobre el crecimiento y supervivencia de bacterias antagonistas a *Mycosphaerella fijiensis*. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 45: 1 –8.
- Smedegard-Petersen, V; Tolstrup, K. 1985. The limiting effect of disease resistance on yield. Annual Review of Phytopathology 23: 475-490.
- Talavera, SME; Bustamante, E; González, R; Sánchez, V. 1998. Selección y evaluación en laboratorio y campo de microorganismos glucanolíticos antagonistas a *Mycosphaerella fijiensis*. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 47: 24 –30.
- Vallecillo, JM. 1996. Control biológico de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*), mediante la utilización de *Serratia marcescens*. Tesis Ing. Agrónomo. Guácimo, CR, EARTH. 29p.
- Van Peer, R; Schippers, B. 1992. lipopolysaccharides of plant-growth-promoting *Pseudomonas* sp. Strain WCS417r induce resistance in carnation to fusarium wilt. Neth. J. Plant Pathology. 98: 129-139.
- Zhang, W; han, DY; Dick, WA; Davis, KR; Hoitink, HAJ. 1998. Compost and water extract-induced systemic acquired resistance in cucumber and Arabidopsis. Phytopathology 88 : 450-455.

Manejo de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) y el nemátodo barrenador (*Radopholus similis* COBB) en banano, usando el activador de resistencia boost 50 SC dentro de un programa de fitoprotección basado en menos uso de agroquímicos

Control of Black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) and the red burrowing nematode (*Radopholus similis* COBB) in banana using the plant activator Boost 50 SC within a reduced-input crop protection program

Ómar Corrales*, Susan Knight*, Alejandro Madrigal*

ABSTRACT

Boost 50 SC (acibenzolar-S-methyl) is a novel molecule that is able to induce the mechanism known as Systemic Activated Resistance (SAR) in plants. Data generated over several years in small plot trials and some semicommercial trials, have shown the potential of Boost 50 SC to reduce inputs of traditional crop protection chemicals whilst maintaining commercially acceptable levels of black sigatoka and nematode control. The benefits of Boost 50 SC have been confirmed in large-plot commercial trials in Costa Rica, under conditions of high disease and nematode pressure. Treatment with Boost gave disease control equally satisfactory to that of a commercial fungicide regime, using significantly reduced inputs of fungicides and banana spray oil. Nematicide applications were also reduced and delayed in the Boost-treated area.

RESUMEN

Boost 50SC (acibenzolar-S-methyl) es una nueva molécula que es capaz de activar el mecanismo conocido como Resistencia Sistemática Activada (SAR) en plantas. Datos generados durante varios años en ensayos en pequeñas lotes y algunas secciones semi comerciales, han demostrado el potencial de Boost 50 SC para reducir el volumen de aceite, así como el de aplicaciones de fungicidas y nematicidas por hectárea por año, manteniendo niveles comercialmente aceptables de control de sigatoka negra y nemátodos. Los beneficios de Boost 50 SC han sido confirmados en lotes comerciales grandes en Costa Rica, bajo condiciones de alta presión e infección de sigatoka e infestación de nemátodos. El lote activado con Boost 50 SC obtuvo un control de la enfermedad y de nemátodos igual al obtenido en un lote comercial, usando menos aplicaciones fungicidas, nematicidas y aceite por hectárea por año.

I

INTRODUCCIÓN

La producción bananera mundial se encuentra actualmente en uno de los momentos más difíciles de su historia. Dentro de un contexto extremadamente difícil desde el punto de vista de precios y comercialización de la fruta, la situación es aún más crítica cuando se presentan grandes problemas para llegar a tener una producción estable a través del tiempo (Vargas, R. 2000)

Algunos factores como la sigatoka negra, los

nemátodos, las enfermedades y plagas del fruto, hacen que la productividad por área tienda a ser inestable año con año y que, aún manteniendo la productividad, la rentabilidad sea menor porque se ha debido incurrir en gastos mayores a los de épocas anteriores. Se incluyen los recientes compromisos de la industria bananera con el ambiente y el sector social, lo cual implica un costo adicional no renunciable.

Mucho de la problemática del control de las

* Syngenta Costa Rica S.A., San José, PO Box 247-1150, Costa Rica. Tel. (506) 293-9500, Fax. (506) 293-1628, E-mail: omar.corrales@syngenta.com

enfermedades y plagas en el cultivo del banano se deriva del hecho de que los organismos patógenos han sido capaces de desarrollarse exitosamente en este ambiente y lógicamente es casi imposible lograr la erradicación o su absoluta inocuidad. Bajo los actuales sistemas de control, el problema se agrava cada vez más, ya que los patógenos no responden a las aplicaciones de agroquímicos como ocurría en el pasado y la tendencia de aumentar el número de aplicaciones es casi la única alternativa que se tiene. La situación tiende a agravarse aún más ante el reducido número de grupos químicos empleados en el combate de la de la enfermedad y a la capacidad de *Mycosphaerella fijiensis* a desarrollar resistencia a los fungicidas sistémicos (Romero y Sutton 1998; Wirz y Chin 2000). De hecho, la disponibilidad de productos realmente efectivos es cada vez menor y la industria de agroquímicos no es capaz de alcanzar la velocidad adecuada para suplir al sector bananero de moléculas con mayores y/o mejores atributos; especialmente con novedosos modos de acción.

El mejoramiento genético de las variedades comerciales o el desarrollo de nuevas variedades puede ser una alternativa, sin embargo el acceso a estos materiales a corto plazo es poco viable.

Hace ya varios años, Syngenta optó por desarrollar un nuevo concepto en el manejo de las enfermedades de los cultivos, tratando de fortalecer las partes inmunológicas de las plantas, usando la base genética de las mismas como fundamento de las estrategias de control. El denominado SAR (Systemic Activated Resistance) es el mecanismo al cual este documento hace referencia y sobre el cual productos como el acibenzolar-S-metílico (Boost 50 SC) trabajan; el uso de este tipo de molécula involucra la creación de una plataforma sobre la cual basar la estrategia de combate de la enfermedad y disminuir su impacto sobre la productividad (Madrigal, 1998).

Los beneficios del uso del acibenzolar en el cultivo del banano han sido probados en pequeñas áreas experimentales y en algunas secciones semicomerciales de áreas bananeras en los últimos cuatro años, con resultados interesantes respecto al manejo de la sigatoka negra y las poblaciones de nemátodos fitoparásitos, lo cual lo perfila como una herramienta estratégica en el manejo de las enfermedades del cultivo.

El objetivo general de esta investigación fue evaluar los beneficios del uso del Boost 50 SC en banano, bajo un esquema comercial de producción de banano; principalmente enfocado en el manejo de las enfermedades del follaje y el sistema radicular.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo fue establecido en la región norte del área bananera atlántica de Costa Rica, específicamente en la zona de Sarapiquí, provincia de Heredia. La región se caracteriza por un régimen pluvial elevado (mayor a los 4500 mm anuales) y con una condición de suelo de difícil drenaje pero buena fertilidad.

La finca cuenta con un manejo del cultivo aceptable, con una productividad cercana a las 2300 cajas/ha/año. La zona es calificada como una de las de más difícil manejo del cultivo, principalmente por la dinámica de la sigatoka negra y la agresividad que demuestra.

Los programas de control de la enfermedad incluyen alrededor de 47 ciclos de aspersión en el año y un volumen acumulado de aceite cercano a los 300 litros/ha/año.

El estudio inició en Octubre del año 2001 y planea extenderse hasta Octubre del año 2002, esto con el fin de incluir un número suficiente de aplicaciones del tratamiento, con las cuales se pueda realmente fundamentar el efecto de la activación sobre la sigatoka negra, la dinámica poblacional de *Radopholus similis* y la productividad.

El ensayo consta de una única área aplicada de aproximadamente 10 has (no hay repeticiones) y se compara contra una sección específica de la finca comercial que abarca unas 6 has. Esa sección fue escogida por contar con características de suelo prácticamente iguales a las que registra el área con Boost; de esta forma se reducen las posibilidades de que el factor suelo pueda sesgar la información.

El Boost 50 SC (acibenzolar-S-metílico) es aplicado cada 35-40 días a una dosis de 40 g.i.a./ha (80 ml producto comercial/ha). Las aplicaciones del producto son programadas de acuerdo al esquema de aplicaciones comerciales para el control de la sigatoka negra y se incluye dentro de la mezcla fungicida que corresponde aplicar en ese momento. No hay restricciones en cuanto a la mezcla con la cual deba aplicarse (protectante,

sistémico, etc.). La condición obligada, cuando se desea entrar en el programa con Boost, es que los volúmenes de aceite para cualquier aplicación del programa no debe superar los 5 L/ha de aceite agrícola y que, cuando Boost deba ser aplicado, la mezcla no lleve más de 3 L/ha de aceite.

El programa comercial de control sigatoka es exactamente igual al usado en el lote con Boost, excepto que las cantidades de aceite agrícola son significativamente menores y que, a partir de la segunda aplicación de Boost, los intervalos de aplicación para los fungicidas en el área del tratamiento son mayores.

Con estas modificaciones se deben obtener al menos el mismo nivel de control de la sigatoka que se obtiene con el estándar comercial y adicionalmente deben percibirse beneficios que justifiquen la incorporación de Boost al sistema (por ejemplo reducción del uso de nematicidas, aumento en el volumen de raíces, mayor rendimiento); lógicamente en función de una tasa de rentabilidad aceptable.

Para medir el efecto sobre los nemátodos y sobre el sistema radicular del cultivo, se diseñó un experimento en el área bajo estudio, ubicando parcelas de muestreo de aproximadamente 30 x 40 metros (a manera de repetición) en cada una de las secciones para efectuar lecturas mensuales. Los tratamientos a evaluar fueron: (a) Nematicida con Boost, (b) Nematicida sin Boost y (c) Boost sin nematicida; cada uno de los tratamientos incluyó seis repeticiones.

Las secciones designadas como "Boost sin nematicida", fueron excluidas del programa de tratamiento de la finca, con el fin observar la influencia de la activación del sistema sobre la dinámica poblacional de los nemátodos y el desarrollo de la unidad de producción. La posibilidad de aplicar tales secciones estuvo basada en el monitoreo de las poblaciones y la masa radicular. Las variables

a medir con el muestreo fueron peso total de raíz, peso raíz funcional, peso raíz necrótica, número de nemátodos/100 gramos, altura del hijo de la planta muestreada, diámetro de la planta madre muestreada (a un metro de altura) y número de plantas caídas/repetición.

El estudio incluyó adicionalmente el análisis semanal de variables vegetativas (altura hijos, diámetro de tallos, etc.) y variables de productividad (desarrollo del racimo, evolución del grado de la fruta); incluyendo el análisis del perfil de racimo para cada una de las frutas marcadas en ambos lotes con el fin de obtener el dato de aprovechamiento y de la merma. A la fecha se continúa con el registro de datos de las variables evaluadas, por lo que la información aquí presentada es solamente un adelanto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados hasta el mes de Setiembre del 2002 indican que las diferencias en control de la enfermedad entre la sección comercial y el área bajo la acción del acibenzolar son no significativas. Los diferentes parámetros analizados (hojas totales, YLI, YLS, Severidad, etc.) manifiestan un comportamiento comparable a través del tiempo y a la fecha prácticamente se encuentran en una situación fitosanitaria similar (Cuadro 1), lo cual permite deducir una influencia positiva del Boost sobre el proceso de resistencia sistémica presente en banano.

La viabilidad del proyecto como alternativa de control de la sigatoka negra es muy significativa, sobre todo considerando que la prueba se desarrolla en una de las zonas bananeras de Costa Rica más complicadas para el manejo de la enfermedad y donde el riesgo de perder el control es muy alto.

La información registrada hasta el momento de la octava aplicación de Boost, muestra un ahorro del 46% en la cantidad acumulada de aceite

Cuadro 1. Valores epidemiológicos promedio de las áreas bajo estudio (semana 22). Prueba semicomercial Boost. Sarapiquí, Costa Rica. Octubre 2001 – Setiembre 2002.

Tratamiento	H/P	YLI	YLS	SEV	PI	PT	EE
Comercial	13,20	3,27	7,67	2,28	23,75	31,99	1468,0
Boost	13,20	3,27	7,83	2,06	26,13	36,53	1196,0

H/P=hojas por planta, YLI=Hoja más joven con estrías, YLS=Hoja más joven con mancha, SEV=severidad, PI=Periodo de incubación, PT=Periodo de transición y Evolución=Estado de evolución.

agrícola desde Octubre del 2001 hasta Setiembre del 2002, esto con respecto a los 226,9 litros totales que se han asperjado en el lote comercial. Tal situación puede ser representar una ventaja adicional en el manejo del cultivo, ya que se ha comprobado que el aceite puede afectar negativamente el rendimiento, al interferir con el intercambio de gases y el proceso fotosintético (Israeli, 1993).

Otro aspecto interesante es que a la fecha de este análisis, se registran seis ciclos menos de fungicida en la sección tratada con Boost que en el lote comercial (tres de mancozeb y dos de tridemorph y uno de difenoconazol), lo cual representa cerca de un 14% del total de las aplicaciones en el área de referencia.

El conjunto de beneficios deberá incluir, en su fase final, no solo el cálculo de la reducción en los costos de control de la enfermedad, sino también en la reducción en la cantidad de ingrediente activo total/ha/año para el control de la sigatoka y lo que significa (desde el punto de vista sensibilidad) reducir el número de exposiciones del hongo a los diferentes grupos de fungicidas usados en banano.

El análisis es igualmente válido en lo que respecta al control de los nemátodos, ya que a la fe-

cha se han podido evitar la aplicación de dos ciclos de nematicida: carbofuran en Febrero y terbufos en Junio en las secciones del Boost para ello designadas y aún así las poblaciones de *R. similis* (principalmente) se han mantenido estables respecto a las áreas tratadas. Las diferencias entre los tratamientos son no significativas (Cuadro 2) y esto permite inferir una acción bastante significativa de la resistencia activada en banano a través del uso del Boost sobre la evolución del nemátodo (ya sea en su ciclo reproductivo, en su fase de infección o en su fase de desarrollo). La misma acción del producto es considerada al analizar el desarrollo radicular del cultivo (Cuadro 3) y principalmente el retardo en la degeneración de los tejidos por la acción de los nemátodos y los hongos de suelo (*Fusarium* spp. principalmente), lo cual hace que la unidad de producción mantenga su vigorosidad y que las siguientes generaciones ofrezcan una mejor calidad de racimo.

Un factor interesante en el análisis de la información es la cantidad de plantas caídas que semanalmente se registran en las secciones bajo estudio. En este caso, este parámetro funciona como indicador de la calidad del sistema radicular de las

Cuadro 2. Poblaciones de *R. similis* registradas durante el periodo del ensayo. Prueba semicomercial Boost. Sarapiquí, Costa Rica. Octubre 2001 – Setiembre 2002.

Tratamiento	O	N	D	E	F	M	A	My	Jn	Jl	Ago
Boost + nematicida	4933	5067	7622	7778		8600	5767	17778	21011	11978	8778
Cable 105	8289	4778	5711	15000		8067	12033	13911	20889	11789	12822
Referencia (100)						12600	6133	15061	14856	13378	9167
Boost - nematicida	6667	6533	10689	8333		10107	14200	16322	24667	22844	9667

Cuadro 3. Pesos de raíz (total y funcional) registrados durante el periodo del ensayo. Prueba semicomercial Boost. Sarapiquí, Costa Rica. Oct. 2001 – Set. 2002.

Raíz total (gramos)											
Tratamiento	O	N	D	E	F	Mz	A	My	Jn	Jl	Ago
Boost + nematicida	49,1	79,5	73,8	88,3		57,2	75,5	67,1	58,2	63,2	40,9
Cable 105	40,9	58,8	83,3	59,6		57,2	58,9	58,2	28,8	63,1	36,1
Referencia (100)						36,2	52	47,9	46,4	50,9	42,8
Boost - nematicida	58,3	71,9	78,2	70,4		54,8	66,9	53,4	60,8	67,8	50,1
Raíz funcional (gramos)											
Boost + nem	31,3	53,8	53,7	62,2		39,7	45,1	40,8	37,6	40,2	29,6
Cable 105	26,4	37,6	60,3	41,3		43,9	39	40,2	18,3	45,8	26,8
Referencia (100)						21,3	28	30,3	28,4	34,7	33,2
Boost - nem	42,8	45,4	55,6	47,1		40,6	40,9	29,8	38,5	43,7	29,1

unidades de producción y por tanto de la productividad por área a través del tiempo. Las últimas evaluaciones han arrojado diferencias de hasta un 68% menos de plantas caídas en los lotes tratados con Boost; en esta ocasión la causa del volcamiento fue principalmente la combinación entre altas precipitaciones, saturación del perfil del suelo y fuertes vientos. En todo caso, se supone que toda la región fue azotada por las mismas condiciones y de allí que sea interesante el comportamiento observado.

En cuanto al análisis de los racimos y su correspondiente aprovechamiento, los datos no reflejan diferencias significativas entre los frutos que provienen del área comercial y aquellos obtenidos de plantas bajo tratamiento con Boost

CONCLUSIONES

El ensayo deberá llevarse hasta su final para, bajo un análisis detallado y conjunto de la información, obtener conclusiones válidas que puedan sustentar en el futuro la implementación de un programa basado en el uso del acibenzolar-S-metílico (Boost 50 SC) para el manejo de las en-

fermedades del cultivo.

El análisis de la información obtenida con el uso de una molécula como esta es complejo, principalmente porque no existe una única acción o un único proceso sobre el cual el ingrediente activo ejerza su efecto y de allí que el factor tiempo sea vital para llegar a tomar una decisión al respecto.

LITERATURA CITADA

1. Israeli, Y.; Shabi, E.; Slabaugh, W.R. 1993. Effect of banana spray oil on banana yield in the absence of sigatoka. *Scientia Horticulturae* 56: 107-117.
2. Madrigal, A.; Ruess, W.; Staehle-Csech, U. 1998. CGA 245704, a new plant activator to improve natural resistance of banana against Black sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*). In Reunión Acorbat (13, 1998, Quito, Ecuador). Memorias. Quito, Ecuador. P.266-274.
3. Romero, R.; Sutton, T.B. 1998. Characterization of benomyl resistance in *Mycosphaerella fijiensis*, cause of Black sigatoka of banana in Costa Rica. *Plant Disease* 82 (8): 931-934.
4. Vargas, R. 2000. Corbana S.A. y su plan estratégico de investigaciones. *Corbana* 26 (53): 75-80.
5. Wirz, M.; Chin, M. 2000. Detección y caracterización de individuos de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) de Costa Rica resistentes a estrobilurinas. In Reunión Acorbat (14, 2000, San Juan, Puerto Rico). Memorias. San Juan, Puerto Rico. P.65.

El bandereo electrónico de DGPS, y sus avances en el mundo bananero y de plátanos

DGPS electronic guidance systems, and its advances in the banana and plantain world.

Ian J. McVay*

RESUMEN

Mostraremos que los sistemas del Bandereo Electrónico de **DGPS** actuales con sus dispositivos opcionales proveen magníficas herramientas para combatir La Sigatoka Negra. Presentaremos la historia breve y fotos de estos dispositivos, como: sistema de **DGPS**; sistemas de control automático de flujo y aplicaciones de post-análisis. Mostraremos la importancia del uso de las aplicaciones del **GIS** (*Geographical Information System*.) Sobre todo, ilustramos las herramientas nuevas disponibles para ayudar combatir las enfermedades como lo es la aspersión aérea por prescripción y gráficas explicando el concepto. Aprenderán los ejemplos de cómo crear la información para fumigar las plantaciones con dosis variada. Con las inspecciones visuales conjunto con el conocimiento e información de los programas del riego aéreo, el cliente puede lograr la aspersión por prescripción. Los beneficios de la nueva tecnología permiten optimizar los costos y el uso de los químicos que logrará reducir el impacto del medio ambiente. ¡Abraza esta nueva tecnología donde pueda ser aplicada y prepárense para el Futuro!

ABSTRACT

We will show that the current Flying Flagman **DGPS** systems with their optional devices provide magnificent tools to combat Black Sigatoka. We will present a brief history and pictures of these devices, such as: **DGPS** systems; automatic flow control devices and post-analysis applications. We will show the importance of using **GIS** applications (*Geographical Information System*.) Above all, we will illustrate and show graphs that explain the concept of how these new available tools will help combat plantation diseases by using Target Prescription Flow. Examples of how to create the needed information to use Target Flow will be demonstrated. Direct Black Sigatoka visual inspections and other Ground Truth Information, together with client knowledge and spray programs, can be used to create Controlled Target Flow Zones. The benefits of using new technology are to optimize costs and the use of chemicals thus reducing the associated environmental impacts (ISO-14001.) Embrace technology where it can be applied and prepare for the future!



El Bandereo Electrónico de DGPS, y sus Avances en el Mundo Bananero y de Plátanos. Herramientas que Complementan el Combate contra La Sigatoka Negra.



BOSQUEJO DE LA PRESENTACIÓN

- Historia breve de los sistemas de Bandereo Electrónico de DGPS
- Sistemas típicos del Bandereo Electrónico
- Las herramientas actuales para combatir La Sigatoka Negra.
- Las herramientas nuevas para combatir La Sigatoka Negra.
- Aspersión aérea por prescripción
- Sinopsis

Historia breve de los sistemas de Bandereo Electrónico de DGPS

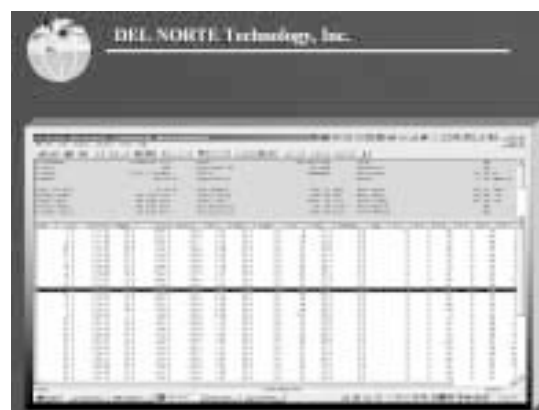
- 1994 - 8 años con los sistemas de DGPS.
- 60% de los aviones mundiales fumigan con algún sistema de DGPS.
- 80% de los aviones que fumigan banano para la exportación, usan los sistemas de DGPS.



Sistema típico de los equipos del Bandereo Electrónico de DGPS



Sistema de control de flujo automático "IntelliFlow®"



Aplicación de post-análisis, mostrando la sumaria de los detalles de vuelo

Las herramientas actuales para combatir La Sigatoka Negra

- Sistemas aéreos de DGPS que son robustos, libre de calibraciones y bajo en mantenimiento.
- Sistemas de flujo automáticos para el control y regulación de la dosis,
- Capacidad para grabar los eventos vitales de vuelo.
- Aplicaciones de Windows® de post-análisis que facilitan la información vital para el control de enfermedades y fertilización sobre las plantaciones y cultivos valiosos.
- Habilidad para exportar e importar la información del riego de las aplicaciones de Windows® en los formatos nativos de GIS.
- Grabadoras de vuelo Internas de alta velocidad
- Pantallas de VGA de alta intensidad de colores.
- Aviso de los datos alterados durante el vuelo.
- Aplicaciones de Windows® para preparar posteriormente el riego aéreo para lograr eficiencia máxima *"Pre-Misión."*

Las Innovaciones de las aplicaciones de GIS *"Geographical Information System"*

- Capacidad de Importar los archivos de información del GIS directo al avión para desplegarse sobre la pantalla de VGA, objetos como linderos, polígonos, puntos de arranque, etc.
- Habilidad de exportar la información desde las aplicaciones de post-análisis en los formatos nativos de GIS.
- Capacidad de crear los linderos, polígonos, obstáculos y puntos de interés para la fumigación directamente dentro de las aplicaciones de post-análisis.

Las herramientas

nuevas para combatir La Sigatoka Negra

- La aspersión aérea por prescripción *"Target Flow."*
- Para lograr la aspersión por prescripción hay dos fuentes para adquirir la información necesaria:
- Pueden crear las zonas o polígonos de riego de aspersión variada por medio de la información obtenida directamente de las plantaciones infectadas por La Sigatoka Negra *"Ground Truth"* y el conocimiento adicional del cliente y de sus programas de riego aéreo.
- Información adquirida por el avanzado proceso de *"Hyperspectral Remote Image Sensing,"* tecnología del futuro.

Al identificar las áreas infectadas del campo, hay que crear polígonos usando los archivos geográficos del GIS y asociar una base de datos al polígono con la dosis requerida. Entonces, pueden importar los polígonos asociados con la dosis al avión para controlar el sistema de flujo. Así, el IntelliFlow mantendrá la dosis requerida mientras que el avión este dentro del polígono. Si el avión al volar no esta dentro de ningún polígono designado, la dosis será el valor por defecto *"Default."*



El concepto de la aspersión aérea por prescripción



Gráfica sencilla mostrando la aplicación de la aspersión por prescripción



Cómo crear la información para fumigar el campo con dosis variada - Ejemplo 1



Cómo crear la información para fumigar el campo con dosis variada - Ejemplo 2



Desde inspecciones visuales hasta aspersión por prescripción

SINOPSIS



- Está disponible la tecnología para prescribir la dosis de los químicos en forma variada.
- La aspersión por prescripción sobre las zonas de alta y baja presión puede ser lograda por medio del uso de los sistemas de control de flujo automático como el "IntelliFlow®," independiente de la velocidad del avión.
- Use estas nuevas herramientas conjunto con el conocimiento del campo, las aplicaciones de software de GIS y post-análisis para mejorar la calidad de las plantaciones y reducir los costos de productividad.
- Por medio de la aspersión por prescripción "Target Flow," el cliente puede optimizar el uso de los químicos y reducir el impacto del medio ambiente (ISO-14001.)

¡Abraza La Nueva Tecnología donde pueda ser aplicada y prepárense para el Futuro!

Monitoring the sensitivity of *Mycosphaerella fijiensis* to pyrimethanil

Monitoreo de la sensibilidad de *Mycosphaerella fijiensis* a pyrimethanil

Patrice Duvert¹, Richard Milling¹, Roberto González Quesada²

ABSTRACT

Methods suitable to monitor the *in vitro* sensitivity of *Mycosphaerella fijiensis* to pyrimethanil are presented. One hundred and two ascospore samples and forty mono-ascosporic isolates collected from commercial and untreated areas in Costa Rica were tested at doses ranging from 0 to 100 µg.ml⁻¹ and ED₅₀ values were calculated. A broad distribution in sensitivity to pyrimethanil was observed and ED₅₀ values respectively varied from 3 to 80 µg.ml⁻¹ and from 5 to 80 µg.ml⁻¹. There was a tendency for ascospores isolated from commercial fields to be more sensitive to pyrimethanil, in contrast to what is commonly found with other chemical groups. Recommendations for use of this method are provided. Anti-resistance guidelines in field conditions are also communicated. Sensitivity monitoring in plantations treated by the product is being implemented to confirm the effectiveness of the anti-resistance strategy.

RESUMEN

En este estudio se presentan métodos para monitorear la sensibilidad *in vitro* de *Mycosphaerella fijiensis* a pyrimethanil. Se analizaron ciento dos muestras de ascosporas y cuarenta aislamientos monosporicos recolectadas en Costa Rica, de áreas comerciales de banano tratadas con agroquímicos y de áreas sin tratar, en dosis que varían de 0 a 100 µg.ml⁻¹ y se calcularon los valores de DL₅₀.

Se observó una amplia distribución en sensibilidad al pyrimethanil con valores respectivas de DL₅₀ de 3 a 80 µg.ml⁻¹ y de 5 a 80 µg.ml⁻¹. Había una tendencia de ascosporas aislado en plantaciones comerciales reaccionar mas sensibles a pyrimethanil comparado a lo que es normalmente el caso con otras químicas. En este trabajo se suministran las recomendaciones para uso de este método. Asimismo, comunicamos los lineamientos anti-resistencia en condiciones de campo. El monitoreo de sensibilidad en plantaciones tratadas por el producto está siendo implementado para confirmar la eficacia de la estrategia anti-resistencia.

I

INTRODUCTION

Black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* (Morelet) Deighton) is the most important disease of bananas and plantains worldwide. At present all the commercial cultivars are susceptible, so acceptable disease management can only be achieved by the use of fungicides. In recent years, chemical control of *M. fijiensis* has been achieved mainly with sterol demethylation inhibitors (DMIs), benzimidazoles, strobilurins, the morpholine fungicide tridemorph and protectant fungicides.

Due to the very high and continuous disease pressure, resistance to all of the systemic compounds is now widespread, although the extent and importance of resistance varies between different countries. In order to sustain the effectiveness of disease control programmes, the history of the banana industry has demonstrated that the use of systemic fungicides must be restricted, and they should only be used in alternation with other products.

New fungicides with contrasting modes of action are needed to improve Sigatoka control.

1. Bayer CropScience SA - 14-20 rue Pierre Baizet - 69263 Lyon Cedex 09 - France. Tel.: (33) 4 72852295. Fax: (33) 4 72852070. E-mail: patrice.duvert@bayercropscience.com
2. Bayer CropScience Costa Rica - De la U.N.E.D. Sabanilla, 100 mts norte, 100 este, Urbanización - Buenos Aires, Sabanilla - San José - Costa Rica. Tel.: (506) 253-1855. Fax: (506) 234-9593. E-mail: roberto.gonzalez@bayercropscience.com

Pyrimethanil (Siganex® 60 SC) is a new anilinopyrimidine fungicide recently introduced in bananas and plantain for the control of Black Sigatoka (González *et al.* 2000). Pyrimethanil has a novel mode of action in bananas, and controls strains of *Mycosphaerella fijiensis* which have developed resistance to other chemical families. Due to the importance of this new chemistry in Sigatoka control programmes designed to manage the problem of fungicide resistance, methodology has been developed to monitor the sensitivity of *M. fijiensis* to pyrimethanil, before the introduction of the product.

In this paper, methods suitable for monitoring the sensitivity of *M. fijiensis* to pyrimethanil are described. Results of the first baseline monitoring for isolates collected in commercial banana plantations in Costa Rica are presented.

MATERIALS AND METHODS

Chemicals. Pyrimethanil (commercial and technical products) were supplied by Aventis CropSciences S.A.; Bacto agar (Difco) was purchased from Tecno-Diagnostica Laboratories; Tween 20 was purchased from Cefa Laboratories and V-8 from Campbell Soup Company.

Selection of *M. fijiensis* ascospores. Dry necrotic burnt banana tissue was incubated in plastic bags with a moist paper towel for 48 hours at room temperature. After the incubation period, leaf samples were removed from the plastic bag and cut into small pieces of 1-2 cm. Pieces proceeding from different plants were kept separated so that six pieces from different plants were stapled to a 9 cm white paper. The paper with the attached leaf pieces was submerged for 5 minutes in distilled water and then immediately and quickly, placed inside the top of a petri plate and over 2% water agar amended with the different pyrimethanil concentrations. Thirty minutes were allowed for ascospore discharge.

Isolation of *M. fijiensis* conidia. Single ascospores were transferred using a sterile needle to V-8 modified agar, incubated for 12 days at 23-25°C under continuous light. *M. fijiensis* colonies were subdivided in small pieces and allowed to grow for 5-7 days. Once the colonies had the required age, several colonies were placed in a test tube containing sterile distilled water + Tween 20 at 0.05% and stirred for one minute using a vortex.

Conidia were adjusted to the required concentration with the use of a counting chamber.

Sampling sites. Samples from commercial farms were collected from six different geographic locations in Costa Rica. The main multinational companies and independent producers were included. All the samples had been exposed to other mode of action fungicides.

Baseline samples were collected from two different geographic locations and from areas that had never received fungicides.

Sensitivity tests. The sensitivity of one hundred and two ascospore samples was tested using the ascospore germ tube elongation method. Four pyrimethanil concentrations were tested, 0-1-10-30-100 µg.ml⁻¹, and two replicates were used per concentration. Sixty ascospores were measured for the control, 10 and 30 µg.ml⁻¹ concentrations; thirty ascospores were measured for the rest of the concentrations. The concentration causing a 50% reduction in the length of the germ tube (ED₅₀) was determined by regressing the relative growth rate (% control) against the log of the fungicide concentrations.

The sensitivity of forty mono-ascosporic isolates was determined as follows: drops of a conidia suspension were poured onto water agar plates amended with pyrimethanil at the following fungicide concentrations: 0-1-10-30 and 100 µg.ml⁻¹. Two replicates were used per concentration. Plates were incubated for seven days at 25°C and the colony diameter of 20 colonies per plate were measured. The ED₅₀ values were calculated by regressing the relative growth (colony diameter on pyrimethanil-amended medium divided by the diameter on un-amended medium) against the log of the fungicide concentration.

RESULTS

Quantification of the sensitivity distributions was based on inhibition of germ tube growth for ascospore data and mycelial growth for mono-ascosporic isolates. ED₅₀ values for ascospore and conidia (Table 1) showed that mean sensitivities for ascospores differ between treated and untreated areas, although the range of sensitivities was similar. ED₅₀ values were higher in areas where fungicides had never been used. For mono-

ascospore isolates, mean sensitivities were similar between treated and untreated areas, however the range of sensitivities was wider for the treated areas.

ED₅₀ values were distributed in sensitivity classes and the isolates were concentrated in the first four distribution classes for ascospores, mono-ascospores and by combining the isolates (Fig. 1, 2, and 3).

Sampling site	ED ₅₀ (µg.ml ⁻¹)		Variation in population	
	Range	Mean ^a	Coefficient of variation	Sensitivity Factor ^b
Ascospore farms	3-50	21	52	2
Ascospore baseline	13-80	41	42	2
Conidia farms	5-80	28	68	3
Conidia baseline	18-55	30	27	2

^aMeans ED₅₀ values were determined for 55, 30, 37 and 13 isolates.

^bHighest ED₅₀ divided by the mean ED₅₀.

Table 1: Sensitivity distribution of *Mycosphaerella fijiensis* to pyrimethanil

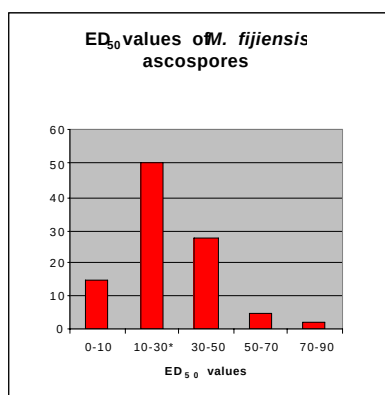


Figure 1. Frequency distributions of ED₅₀ values of *M. fijiensis* ascospores.

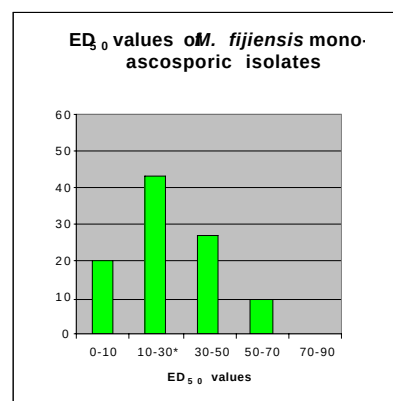


Figure 2. Frequency distributions of ED₅₀ values of *M. fijiensis* mono-ascospore isolates.

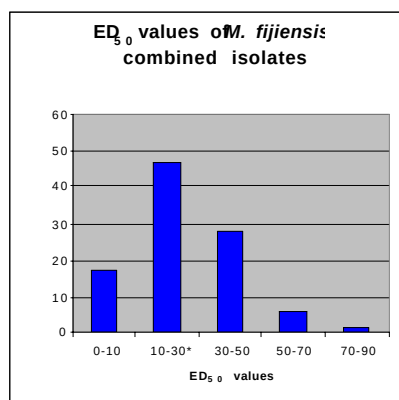


Figure 3. Frequency distributions of ED₅₀ values of *M. fijiensis* ascospores and mono-ascospore isolates.

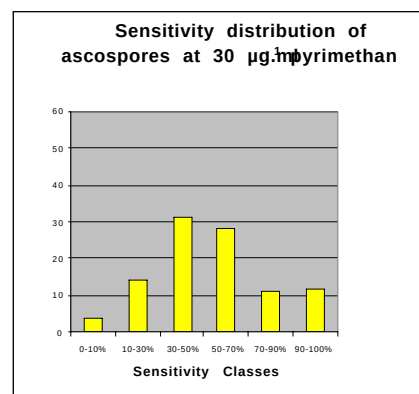


Figure 4. Sensitivity distribution of *M. fijiensis* ascospores at 30 µg.ml⁻¹ pyrimethanil.

A normal distribution curve was obtained when ascospore isolates were distributed in classes at the pyrimethanil concentration of 30 $\mu\text{g ml}^{-1}$ (Fig 4). Most of the isolates were concentrated in the 30-70% sensitivity classes.

DISCUSSION

Experiences with other fungal pathogens have shown that standard methodologies used for fungicide sensitivity monitoring are not suitable for anilinopyrimidines. Pyrimethanil acts by interfering with the secretion of enzymes which are required by the fungus during infection of the plant (Milling & Richardson, 1995). This means that the fungus is not able to penetrate into or digest the plant tissues. A consequence of this mode of action is that the *in vitro* activity of pyrimethanil is very much influenced by the composition of the growth medium. The activity of pyrimethanil can not be measured in rich media, like malt extract or potato dextrose agar, where nutrients are artificially supplied directly to the fungus in simple form. This is the reason why we selected the 2% water agar medium.

A second point to take into consideration in developing any sensitivity monitoring method is the site of action of the fungicide in the life-cycle of the pathogen. Studies were undertaken to investigate the effect of pyrimethanil on disease development in several host-pathogen systems, including *M. fijiensis* in bananas (Daniels *et al.* 1994; Daniels & Lucas, 1995; Herrera *et al.* 2002). Pyrimethanil has only a limited effect on spore germination in the pathosystems investigated, but acts primarily by inhibiting germ tube extension, and subsequent development and differentiation of runner hyphae. Sensitivity monitoring methods should therefore measure the activity of the fungicide on germ tube elongation and not on spore germination. Here, the germ tube elongation method and mycelial growth of mono-ascosporic isolates were confirmed to be reliable parameters to evaluate sensitivity of *M. fijiensis* to pyrimethanil.

In contrast to what was expected, mean ED_{50} values of ascospores were higher in areas that had never received fungicides than in commercial areas. ED_{50} values for mono-ascospores were similar for baseline and commercial fields. The fact that ED_{50} values of ascospores and mono-ascosporic

isolates from commercial fields are not higher than from untreated areas, confirms that we are dealing with a different mode of action to those which have been used commercially for bananas.

The sensitivity baseline developed for pyrimethanil will be an important tool for monitoring the development of the populations after the introduction of the fungicide. For the ascospore germ tube elongation method the following set of concentrations in water agar is recommended: 0-1-10-30-100 $\mu\text{g.ml}^{-1}$. The number of ascospores to be read based on the running average is 30 for the 1-10-100 $\mu\text{g.ml}^{-1}$ concentrations and 60 for the control and the 30 $\mu\text{g.ml}^{-1}$ concentration. Both ED_{50} values and frequency distribution of isolates should be analysed. The frequency distribution of isolates should be evaluated at 30 $\mu\text{g.ml}^{-1}$ pyrimethanil.

The high coefficient of variation observed was due to the relatively broad distribution of sensitivities of *M. fijiensis* to pyrimethanil, which is similar to that observed in baseline studies conducted with *Botrytis cinerea* in Europe (Birchmore *et al.*, 1996).

Extensive monitoring since 1995 has shown that less-sensitive strains of *B. cinerea* to pyrimethanil occur naturally in the population at very low frequencies, without impacting field efficacy (Fabrèges & Birchmore, 1998). Moreover, it has been shown that use of pyrimethanil in commercial practice following a "one out of three" principal for the number of pyrimethanil applications does not select for these less-sensitive strains. In spite of *B. cinerea* being a high-risk pathogen in terms of resistance development to other fungicide groups, no loss of field performance due to resistance to pyrimethanil has been observed in any commercial situations since the product was first introduced in 1994.

CONCLUSION

The conclusion is that a certain risk of resistance development for pyrimethanil exists, but that the risk is moderate, more comparable with that of the triazoles and morpholines than the situation experienced with the benzimidazoles or strobilurins. From the outset, Bayer CropScience is recommending clear guidelines for the use of pyrimethanil against Black Sigatoka to carefully manage the resistance risk.

Siganex® should always be used at the full dose-rate (0.5 l/ha), up to a maximum of six applications, or one third of the total number of treatments, whichever is the smaller. The product can be used throughout the season, either during the rainy or dry periods, thus ensuring that applications are well spaced out. Sigamex® can be integrated into seasonal spray programmes as an effective alternation partner, at the same time limiting the development of resistance to other chemical groups, and ensuring that the sensitivity of strains of *M. fijiensis* to pyrimethanil is maintained at normal levels. Sensitivity monitoring in plantations where the product is used commercially is being implemented to confirm the effectiveness of this anti-resistance strategy.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors warmly thank Teresa Arroyo, Rebecca Madrigal and Ricardo Astua at Monreri Laboratory, San José, Costa Rica who largely contributed to this work.

BIBLIOGRAPHY

- Birchmore, R., Williams, R., Russell, P. & Lagouarde, P., 1996. A baseline for the sensitivity of *Botrytis cinerea* to pyrimethanil. Proc. Br. Crop Protect. Conf., 2, 713-718.
- Daniels, A., Birchmore, R. & Winter, E., 1994. Activity of pyrimethanil on *Venturia inaequalis*. Proc. Br. Crop Protect. Conf., 5A-4, 525-532.
- Daniels, A. & Lucas, J., 1995. Mode of action of the anilinopyrimidine fungicide pyrimethanil. 1. *In vivo* activity against *Botrytis fabae* on broad bean (*Vicia faba*) leaves. Pestic. Sci., 45, 33-41.
- Fabrèges, C. & Birchmore, R., 1998. Le pyriméthanol - Suivi de la sensibilité de *Botrytis cinerea* au vignoble. Phytoma, 505, 38-41.
- González, R., Bocanegra, J., Osorio, C. & Valladares, J., 2000. Effect of Sigamex (pyrimethanil) 60 SC in the control of Black Sigatoka. . ACORBAT – 2000, Resúmenes, XIV Reunión, p. 69.
- Herrera, R., Arroyave, J., Duvert, P. & Jacqmin, B., 2002. The effects of Sigamex® (pyrimethanil 60SC) on the early infection stages of Black Sigatoka. ACORBAT - 2002. *In press*.
- Milling, R. & Richardson, C., 1995. Mode of action of the anilinopyrimidine fungicide pyrimethanil. 2. Effects on enzyme secretion in *Botrytis cinerea*. Pestic. Sci., 45, 43-48.

Las dinámicas de la sensibilidad de *Mycosphaerella fijiensis* a estrobilurinas (Qol's) en Costa Rica

The dynamics of strobilurin (Qol's) sensitivity
in *Mycosphaerella fijiensis* in Costa Rica

***Agnes Amil**, *Alison Cook**, *Carole Stanger**, *Susan Knight*,
*Manuel Wirz and Mike Shaw*****

RESUMEN

En el año 2000, tres años después de la introducción de los fungicidas de la clase de estrobilurinas en Costa Rica, fueron identificados aislamientos de *M. fijiensis* con sensibilidad reducida. Se encontró que la menor sensibilidad en estos aislamientos está asociada con una mutación en el gen del citocromo b, conocido como la mutación G143A.

Este estudio investiga la evolución de la reducción en sensibilidad de *M. fijiensis* a las estrobilurinas y además de mejorar nuestro conocimiento de la estructura de la población de *M. fijiensis*. El estudio está basado en un sistema de toma de muestras repetidas, utilizando una estructura de muestreo jerárquico a través de Costa Rica, utilizando método Q-PCR (quantitative polymerase chain reaction assay) para rastrear la mutación G143A.

El conocimiento obtenido de este estudio mejorará nuestra habilidad para entender la evolución de la sub-población de *M. fijiensis* resistente a estrobilurinas, y con ello mejorar nuestra habilidad de manejar la resistencia a este patógeno.

ABSTRACT

In 2000, isolates of *Mycosphaerella fijiensis* with reduced Qol sensitivity were identified, three years after the first commercial use of strobilurin fungicides in Costa Rica. Reduced Qol sensitivity in these pathogens was found to be associated with a single point mutation in the target cytochrome *b* gene, known as the G143A mutation.

This study aims to investigate the evolution of reduced strobilurin sensitivity in *M. fijiensis*, and also to extend our understanding of the *M. fijiensis* population structure. The study is based on a repeated sampling regime using a hierarchical sampling structure across Costa Rica, exploiting the amplification refractory mutation system (ARMS)-Scorpion quantitative PCR assay in order to track the G143A mutation.

The increased understanding resulting from this study will improve our ability to model the evolution of the resistant sub-population of *Mycosphaerella fijiensis*, which in turn will improve our ability to manage resistance in this pathogen.

I

INTRODUCTION

Banana and plantains are susceptible to pest damage and a range of serious and debilitating diseases. The most serious of these diseases is Black Sigatoka, caused by the fungus *Mycosphaerella fijiensis* Morelet (Robinson, 1996). It is a foliar pathogen, infecting leaves to produce necrotic lesions, and consequently, reducing the photosynthetic capacity of the plant and crop yield. Fruit quality is also affected as a result of early or uneven ripening.

Azoxystrobin is a broad spectrum, systemic b-

methoxyacrylate fungicide. It belongs to the new chemical group of strobilurin-analogue compounds (Godwin et al., 1992). The mode of action of strobilurins is inhibition of fungal cell respiration. More specifically, the strobilurin compounds interfere with the function of the cytochrome *bc1* complex, located in the inner mitochondrial membrane, by binding to a specific site, the Qo site, on the cytochrome *b* protein. (Becker et al., 1981 Esposti et al 1993).

Respiration inhibitors acting at the Qo site of the cytochrome *bc1* enzyme complex belong to the

* Jealott's Hill International Research Centre, Bracknell, Berkshire, RG42 6EY, UK

** Department of Agricultural Botany, School of Plant Science, University of Reading, Whiteknights, Reading, RG6 6AS, UK Syngenta Costa Rica SA, San Jose, PO Box 247-1150, Costa Rica. Tel: (44)-1344-413970; Fax: (44)-1344-455629 E-mail: agnes.amil@syngenta.com

same cross-resistance group designated by FRAC as the Qol group. Members of this group include kresoxim-methyl (1), azoxystrobin (2), trifloxystrobin(3), famoxadone (4), fenamidone (5) and pyraclostrobin.

In 2000, isolates of *Mycosphaerella fijiensis* with reduced Qol sensitivity were reported in Costa Rica, three years after the first commercial use of strobilurin fungicides. Reduced Qol sensitivity in these pathogens has been found to be associated with a single point mutation in the target cytochrome *b* gene, known as the G₁₄₃A mutation. Unlike many mitochondrial proteins, the cytochrome *b* protein is mitochondrially encoded.

This study aims to investigate the correlation between the presence of the G₁₄₃A mutation and the resistant phenotype in *M. fijiensis*. In addition, infected leaf samples from a number of farms in Costa Rica were collected in 2000, and the frequency of the G₁₄₃A mutation was determined using a quantitative PCR methodology based on ARMs and Scorpions.

MATERIALS AND METHODS

Sample collection

Youngest infected leaves with necrotic “burnt” tissue were collected from the field in Costa Rica. The material was dried and then transported to the laboratory for analysis.

All samples were stored at 4°C prior to analysis.

In vitro bioassay method

1. Ascospore bearing leaves were incubated in a plastic bag containing a moist paper towel at 40°C. The plastic bag was sealed with a rubber band and placed at room temperature (26°C to 28°C) for 48 hours.
2. Leaf tissues were removed, cut into 2.0 cm² pieces and soaked in a solution of 1% sodium hypochlorite (NaOCl) for 2 minutes then washed with sterile deionised water for 1 minute. Sixteen different leaf pieces per farm were attached (with the lesion bearing side facing down the agar) to a 9 cm filter paper with staple wire.
3. The filter paper with attached leaf pieces was submerged in tap water for 5 minutes then placed inside the lid of a petri dish over amended water agar (1 ppm azoxystrobin).

4. These petri dishes were then incubated for 1 hour under 99% relative humidity to encourage ostiole opening and ascospores to discharge.
5. The filter papers with attached leaf pieces were then removed, and the plates inverted. They were then incubated at 26°C under continuous fluorescent light and ambient temperature for two weeks.
After 48 hours of incubation, the plates were scanned with the aid of a dissecting microscope at a magnification of 45X (low power objective) to locate where discharged spores were deposited. After the spores were located and identified, the germ tube length were measured at a magnification of 100X (high power objective).
 - The dimensions of longest and straightest germ tubes were measured.
 - In cases where there were 2 germ tubes per spore (bipolar) the length of the longest germ tube was taken.
6. Two week old mycelium of the *M. fijiensis* isolates were harvested, placed into a 2ml Eppendorf tube, and stored at –80°C prior to PCR analysis.

Single spore isolation and sub culture

1. Single spores whose germ tube length grew <50mm and >150mm at 1ppm azoxystrobin were picked under the dissecting microscope using a needle and placed on potato dextrose agar (PDA) plates.
These were incubated for two weeks before sub culturing again on PDA for 23 days at 19°C to allow conidia production.

In planta bioassay

1. Two month old propagated banana plants (Dwarf Cavendish) were used for the bioassays.
2. Three different concentrations of azoxystrobin (1, 10 and 100 ppm) were tested. For each concentration, 3 replicate plants were selected and the youngest unfolded leaf on each plant was sprayed.
3. Three hours after treatment, 60,000 conidia per ml of *Mycosphaerella fijiensis* were inoculated using a devilbliss spray gun.
4. Inoculated plants were then incubated for 24

hours at 99% relative humidity to promote conidial germination. They were then transferred to a glasshouse at 27°C. The plants remained in the glasshouse until the symptoms appeared.

ARMS/Scorpions PCR assays: Design and Assay Conditions

A diagnostic G₁₄₃A ARMS/Scorpion assay was designed based on the *M. fijiensis* cytochrome *b* gene sequence. More specifically, 32bp ARMS primers (Newton, C.R. *et al.* 1989) with a selective 3'C residue (A₁₄₃ mutant) or a selective 3'G (wild type) and a 32bp control primer (amplifies both G₁₄₃ and A₁₄₃) were designed on the coding strand of *M. fijiensis* *cyt b* gene.

The wild type specific ARMS primer sequence was:
BS-G-1 5' GTT TTA CCT TAT GGT CAA ATG TCT TTA TGA TG 3'

and the mutant specific ARMS primer sequence was:
BS-C-2 5' GTT TTA CCT TAT GGT CAA ATG TCT TTA TGA CC 3'

The control primer sequence was:
STAND 7 5' ATG TTT TAC CTT ATG GTC AAA TGT CTT TAT GA 3'

Underlined bases are deliberately mismatched to the *cyt b* sequence to enhance specificity (Newton, *et al.* 1989). A common Scorpion primer was also designed on the non-coding strand. The resulting amplicon was 110 bp with the ARMS primers, and 113 bp with the standard primer. The sequence of the Scorpion primer was:

5' FAM-CC GCG C ATA CCC TGA GTA GGA CAA GCG CGG
MR-HEG AAA CC TCC TCA AAT AAA CTC AAC TAT ATC 3'

Where FAM is a standard fluorescent dye, MR, methyl red, is a non-fluorogenic quencher attached to a uracil residue, and HEG is a replication blocking hexethylene glycol monomer. The underlined sequence forms a hairpin structure when the Scorpion primer is unreacted, causing quenching of the fluorescent dye. The sequence in italics is the reverse primer sequence. The sequence in bold is the probe element which binds to the correct *cyt b* gene extension product of the reverse primer. In the presence of the extension product the hairpin structure is therefore disrupted, as the probe sequence of the Scorpion primer binds preferentially to the extension product. This separates the FAM dye from its quencher, thus

emitting fluorescence, which is detectable on the ABI7700 instrument (Applied Biosystems).

In all cases, 25 ml PCR assays comprised 1x Scorpion buffer (10mM Tris-HCl (pH 8.3), 50mM KCl, 3.5 mM MgCl₂ and 0.01% gelatine), bovine serum albumin (0.25mg/reaction), dNTP's (100mM), Scorpion and ARMS primer (500nM), 1 unit of AmpliTaq Gold enzyme and 5ml of template. PCR cycling conditions were an initial pre heating step of 94°C for 10 minutes, followed by 50 cycles of 94°C for 15 seconds and 60°C for 45 seconds.

The characteristics, specificity and sensitivity of this assay were proven with an extensive validation programs based on cloned wild type and mutant *M. fijiensis* *cyt b* genes.

Experimental Q-PCR Analysis

Ascospores were discharged from infected banana leaves onto unamended PDA agar and incubated for 2 week. The ascospores were then harvested directly from the culture dish and were pelleted by centrifugation. Genomic DNA was prepared using Qiagen DNeasy Plant Miniprep kits (according to the manufacturers protocol).

1:10 dilutions of these DNA preparation were then tested in duplicate with both C-specific and G-specific ARMS primers and the standard primer, in combination with the common Scorpion reverse primer in real time PCR assays. 5µl of template was added to each PCR. Wild type (G) and resistant (C) recombinant plasmid carrying relevant portions of *M. fijiensis* *cyt b* genes were also used as control templates on each analysis plate at a final concentration of 2x10⁶ molecules/µl. Duplicate no template controls were also included with 5µl sterile double distilled H₂O being added in place of template to each PCR.

RESULTS AND DISCUSSION

1. Correlation between *in vitro*, *in planta* and Q-PCR sensitivity

A total of 14 single spores were isolated from an *in vitro* bioassay. Each spore isolate coming from a bulk sample collected on the farm A, where there was high disease pressure. The bulk sample showed a 9% A₁₄₃ frequency by Q-PCR. The spores were differentiated on the basis of their germ tube growth on 1ppm azoxystrobin: 10 of the isolates had germ

tubes which had extended >150mm (classified resistant 'R') and 4 produced germ tubes <50mm (classified sensitive 'S'). These single spore isolates were sub-cultured and then analysed by bioassay, Q-PCR and *in planta* assay.

All four S isolates were found to be 100% wild type (G_{134}) by Q-PCR. In contrast, the ten R isolates were found to be 100% A_{143} (Table 1). *In planta* analysis confirmed that the R isolates could grow in the presence of 1, 10 and 100ppm azoxystrobin *in planta*, whereas the S isolates were controlled *in planta* at these rates (Table 1). The average incubation period of the R isolates was 21 days, except at 100ppm where it was 31 days.

The percentage inhibition of the initial streak infection relative to control untreated at 1, 10 and 100 ppm were 24%, 55% and 66% respectively. Thus even with resistant isolates, azoxystrobin can still inhibit 55% at 10 ppm as assessed at the initial streak stage.

The transition period from streak to mature spots was 10-12 day on all concentrations including the untreated control. The percentage inhibition of the mature spots relative to the untreated control at 1, 10 and 100 ppm were 30%, 38% and 49% respectively.

2. Frequency of the G143A strobilurin resistance allele in *Mycosphaerella fijiensis* across Costa Rica.

A total of sixteen populations of *M. fijiensis* have been sampled from different commercial banana

plantations in Costa Rica and analysed by Q-PCR for their sensitivity to azoxystrobin (Table 2). Among the sixteen populations sampled, the Lomas farm had the highest percentage of A_{143} with 27% followed by Duacari with 25% A_{143} and Palacio with 11% A_{143} . A further seven farms showed percent A_{143} at between 0.6 percent and 6 percent. Six sample populations from Costa Rica remained sensitive. Two of these were obtained from Syngenta experimental stations where FRAC guidelines have been followed continuously since the introduction of strobilurins in 1997.

CONCLUSIONS

The results reported here show that all ten single spore isolates classified as R by *in vitro* bioassay were 100% A_{143} and were also resistant *in planta*. However, azoxystrobin could still inhibit their growth by 55% at 10ppm relative to the control untreated at the initial streak stage. The initial streak stage has a 21 latent day period, and 11-12 day transition period from steak to mature spot for both the untreated control and the R isolates on 10ppm. The average incubation period of the R isolates on 100ppm was 10 days longer than at 10ppm. The 10 day difference highlights some questions, which would be interesting to pursue in future analysis:

Is this likely to affect the cycling rate of resistance isolate compared to sensitive?

Is it just a glasshouse result? How can we relate this to the field?

The 4 single spore isolates classified as S in the *in vitro* were 100% G_{143} as judged by Q-PCR and

Table 1. Results of comparative *in planta* bioassay and Q-PCR analyses with isolates whose germ tube length grew <50 and >150m on 1ppm azoxystrobin

In vitro assay	No. of spore	<i>In planta</i> growth				Percentage				<i>In planta</i> growth				Percentage				%
Germ tube	isolated	Time to symptom production				Initial streak				Time from streaks to mature spots				Mature spots				A_{143}
length																		
1ppm in mm		Incubation period								Transition period				Incubation period				
		Initial streaks								Mature spots								
		Concentrations				Concentrations				Concentrations				Concentrations				
		0	1	10	100	0	1	10	100	0	1	10	100	0	1	10	100	
>150	10	21±	21±	21±	31±	29	22	13	10	11±	10±	11±	12±	94	66	58	48	100
<50	4	×	×	×	×	53	×	×	×	11	×	×	×	49	×	×	×	0

Table 2. Percentage frequency of G143A mutation

Farm location	Country	Material type	Concentration	Percentage A ₁₄₃
A	Costa Rica	Ascospores	0 ppm	25
B	Costa Rica	Ascospores	0 ppm	1
C	Costa Rica	Ascospores	0 ppm	3
D	Costa Rica	Ascospores	0ppm	0
E	Costa Rica	Ascospores	0ppm	27
F	Costa Rica	Ascospores	0ppm	0
G	Costa Rica	Ascospores	0ppm	2
H	Costa Rica	Ascospores	0 ppm	0
I	Costa Rica	Ascospores	0 ppm	6
J	Costa Rica	Ascospores	0 ppm	0.6
K	Costa Rica	Ascospores	0 ppm	5
L	Costa Rica	Ascospores	0 ppm	0.6
M	Costa Rica	Ascospores	0 ppm	0
N	Costa Rica	Ascospores	0 ppm	0
O	Costa Rica	Ascospores	0ppm	0
P	Costa Rica	Ascospores	0ppm	11

were also sensitive *in planta*.

In field experiments, the results of the sixteen sample populations from Costa Rica show that even though *M. fijiensis* ascospores are airborne and probably widespread, there are localised regions of sensitive sub-populations even in plantations surrounded by resistant sub-populations. The wild type population that was used as a control to this study remained sensitive.

Resistance to QoI fungicides has evolved rapidly to *M. fijiensis* in Costa Rica. This could be due to numerous factors, including the nature of the resistance mechanism: a single point mutation at the target site can lead to high levels of QoI insensitivity. In addition, the Black Sigatoka disease pressure is very high in Costa Rica and initial recommendations allowed a total of 8-12 QoI sprays per season. As a result of the detection of QoI resistant isolates, a current maximum of 4 QoI sprays is recommended in all areas where resistance has not yet been observed, with a recommendation of no QoI sprays where resistance has occurred. The rapid occurrence of high level resistance in *M. fijiensis* in Costa Rica, underlines

the importance of adhering to resistance management recommendations in order to minimise the impact of resistance to this important class of chemicals. A key question, which has not fully been answered yet, is the significance, if any, of a fitness penalty associated with QoI resistance in *M. fijiensis*.

The frequency of the G₁₄₃A strobilurin resistance allele in *M. fijiensis* across Costa Rica provides the basis of the on going population dynamics study using the hierarchical sampling structure.

REFERENCES

1. Robinson, J. C., Banana and Plantain. CAB international (1996)
2. Godwin et al., A novel, broad spectrum systemic B-methoxyacrylate fungicide. Brighton Crop Protection Conference: Pest and Diseases (1992) 435-42
3. Becker, W.F., Oudemansin, strobilurinA, strobilurin B and myxothiazol: New inhibitor of the bc1 segment of the respiratory chain with a E-B-methoxyacrylate system as common structural element. FEBS Lett. 132(1981) 329-33.
4. Newton C.R., et al. Analysis of any point mutation in DNA: The amplification refractory mutation system (ARMS). Nucleic Acids Research 17(7) (1989) 2503-2515

Resistencia a fungicidas en *Mycosphaerella fijiensis* Morelet: Estado actual y perspectivas

Fungicide resistance in *Mycosphaerella fijiensis* Morelet:
Current status and outlook

S. Knight**, *M Wirz**, *A. Amil** y *A. Cook*

RESUMEN

Un factor influyente en el diseño de programas para el control de *Mycosphaerella fijiensis* es la necesidad de seguir principios de manejo de resistencia. La implementación de un programa de monitoreo de sensibilidad es un componente vital de evaluación de riesgo de resistencia, y permite la aprobación o modificación de recomendaciones de manejo de resistencia. La sensibilidad a los fungicidas 14-DMI ha sido evaluada por más de una década y aunque se ha registrado alguna pérdida de sensibilidad, estos fungicidas todavía son muy eficaces contra la Sigatoka negra. El primer fungicida de la clase de estrobilurinas, azoxystrobin, se introdujo en 1997. Individuos resistentes a este grupo de fungicidas fueron documentados por primera vez en Costa Rica en 2000. La resistencia a estrobilurinas ha alcanzado niveles altos en algunas fincas. Técnicas moleculares fueron desarrolladas para confirmar la resistencia en campo y su evolución. Junto con un sustancial banco de datos de sensibilidad *in vitro*, estos resultados están usándose para guiar estrategias de manejo de resistencia.

ABSTRACT

A key factor influencing the design of programmes for control of *Mycosphaerella fijiensis* is the need to follow resistance management principles. The implementation of a sensitivity monitoring programme is a vital component of resistance management, and allows the validation or modification of product use recommendations. Sensitivity to 14-DMI fungicides has been evaluated for more than a decade and although some loss of sensitivity has been recorded, these fungicides are still highly effective against black sigatoka. The first strobilurin fungicide, azoxystrobin, was introduced in 1997. Resistant individuals were first documented in 2000 in Costa Rica, and strobilurin resistance has reached high levels on some farms. Molecular techniques have been deployed to confirm reports of field resistance, and also to examine the evolution of resistance in the field. Together with a substantial database of *in vitro* sensitivity data, these results will be used to guide resistance management strategies.

INTRODUCTION

Control of black sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) is one of the most serious challenges facing the banana grower, and frequent application of fungicides is the basis of disease management strategies in commercial plantations. A key factor influencing the design of fungicide programmes is the importance of following resistance management principles. The banana industry has long recognized the importance of resistance management in order to preserve or maximize the long-term effectiveness of fungicides.

Resistance management is based on the appropriate limitation and alternation of products that have a site-specific mode of action (for review see Brent, 1995). The number of distinct classes of site-specific fungicides available for sigatoka control is relatively small (triazoles, morpholine analogues, strobilurins and benzimidazoles).

An important element of resistance management is the implementation of a sensitivity monitoring programme. The objective is to evaluate the sensitivity of the pathogen population to a particular fungicidal mode of action in a particular

* Syngenta Costa Rica SA, San José, PO Box 247-1150, Costa Rica. Tel: (506) 293-9500; Fax: (506) 293 1628; E-mail: susan.knight@syngenta.com

location over a period of time, which allows trends in sensitivity to be detected. These data are used to develop and modify recommendations for the management of resistance.

The introduction of the first 14-demethylation inhibitor (DMI) fungicide, propiconazole, in 1987, revolutionised the control of sigatoka diseases in banana. A decline in sensitivity in *M. fijiensis* was reported at the Fungicide Resistance Action Committee (FRAC) Sterol Biosynthesis Inhibitor (SBI) Banana Working Group in 1993, and anti-resistance recommendations were introduced. Since this time, there has been a stabilization of sensitivity values, and this group of fungicides remains indispensable in the fight against black sigatoka.

After its launch in 1997, the first strobilurin fungicide, azoxystrobin (Bankit), was rapidly adopted by the banana industry, not only because of its excellent efficacy but also because of the increasing importance being attached to the use of products with a favourable environmental and toxicological profile (Bartlett et al 2002, for review). Azoxystrobin has a novel mode of action, the inhibition of electron transport at the Qo site of cytochrome bc₁, and strobilurin fungicides thus belong to the group of Qo inhibitors (Qol) (Heaney et al 2000). The potential risk of resistance associated with a site-specific fungicide was recognized, and anti-resistance management guidelines were developed by the FRAC before commercial introduction. Methodologies for the evaluation of sensitivity were developed, and a global monitoring programme was initiated.

The first strobilurin-resistant individuals were reported at a mini-FRAC Strobilurin Banana Working Group in Costa Rica in 2000, and immediate changes to the FRAC recommendations were agreed. Strobilurin resistance has reached high levels on some farms in the main banana production zones of Costa Rica. As correctly predicted on the basis of laboratory and field studies with several fungal species, the cause of resistance is a mutation in the cytochrome b target protein (Heaney, 1998). Molecular characterization of resistant isolates has identified a single point mutation, known as G₁₄₃A. This refers to the substitution of a glycine residue by an alanine residue at codon position 143 of the cytochrome b sequence (using the numbering system of

Saccharomyces cerevisiae). This amino acid change results from a single nucleotide polymorphism (SNP), which permits detection of resistant isolates via molecular techniques (quantitative polymerase chain reaction analysis, Q-PCR).

This paper will report recent trends in sensitivity to 14-DMI and strobilurin fungicides in *M. fijiensis* in the main regions of export banana production. The factors that may have contributed to the more rapid development of reduced sensitivity or resistance in Costa Rica will be considered. Finally we will review the implications of recent data for disease management strategies in the future.

MATERIALS AND METHODS

In vitro evaluation of sensitivity

Bulked samples of necrotic foliar tissue were collected from commercial plantations and untreated areas for *in vitro* sensitivity monitoring. *In vitro* analysis was carried out following the standard procedures developed by the FRAC. Ascospores were allowed to discharge onto agar amended with the following concentrations of fungicide:

Propiconazole: 0, 0.03, 0.1, 0.3, 1ppm (farm); 0, 0.003, 0.01, 0.03, 0.1, 1ppm (baseline)

Difenoconazole 0, 0.003, 0.01, 0.03, 0.1, 1ppm (farm); 0, 0.0003, 0.001, 0.003, 0.01, 0.03ppm(baseline)

Azoxystrobin: 0, 1, 10ppm (farm and baseline)

To assess 14-DMI sensitivity, germ tube extension of germinated ascospores was measured and an EC₅₀ value was calculated. In the case of azoxystrobin, germ tube extension was also measured, with non-germinated spores scored as zero growth (14-DMI fungicides do not affect spore germination since spores contain reserves of ergosterol, whilst azoxystrobin is a potent inhibitor of spore germination). Growth at the discriminating rate (10ppm) of at least 75% compared with that seen in the untreated check indicates strobilurin resistance.

Molecular detection of strobilurin resistance

The presence of the G₁₄₃A mutation was detected using a diagnostic primer as described by

Amil (2002). The primer is extended only when a G₁₄₃A mutation is present in the sample.

RESULTS AND DISCUSSION

Sensitivity to Propiconazole

The table below shows the history of sensitivity for each country. Yearly sensitivity is expressed as a mean EC₅₀ of all tested subpopulations.

Table 1: Sensitivity of *M. fijiensis* to propiconazole

Country	mean EC50 values				
	1998	1999	2000	2001	2002
Mexico	-	-	0.09 (5) *	-	-
Belize	0.1 (2)	0.5 (4)	0.2 (2)	-	-
Honduras	0.23 (5)	0.15 (14)	0.08 (13)	0.33 (15)	-
Guatemala	0.19 (2)	0.22 (3)	0.13 (17)	0.29 (24)	-
Nicaragua	-	-	-	0.39 (3)	-
Costa Rica	0.22 (122)	0.21 (62)	>0.39 (44)	>0.45 (48)	-
Panama	0.22 (5)	0.14 (11)	0.28 (11)	>0.43 (9)	-
Colombia	0.067 (62)	0.052 (76)	0.054 (15)	0.044 (23)	-
Ecuador	-	-	0.013 (10)	0.013 (19)	-
Cameroon	-	-	-	0.14 (12)	-

* Number of subpopulations tested given in brackets

Sensitivity to Difenoconazole

The table below shows the history of sensitivity for each country. Yearly sensitivity is expressed as a mean EC₅₀ of all tested subpopulations.

Table 2: Sensitivity of *M. fijiensis* to difenoconazole

Country	mean EC50 values				
	1998	1999	2000	2001	2002
Mexico	-	-	0.030 (5) *	-	-
Belize	0.053 (5)	0.021 (4)	0.006 (2)	-	-
Honduras	0.0028 (6)	0.015 (16)	0.016 (14)	0.053 (16)	-
Guatemala	0.007 (3)	0.027 (1)	0.018 (15)	0.033 (20)	-
Nicaragua	-	-	-	0.009 (1)	-
Costa Rica	0.028 (59)	0.032 (37)	0.052 (64)	0.051 (53)	-
Panama	-	-	0.035 (11)	0.041 (10)	-
Colombia	-	0.011 (25)	0.028 (27)	0.016 (28)	-
Ecuador	-	-	0.004 (17)	0.007 (20)	-
Cameroon	-	-	-	0.030 (4)	-

* Number of subpopulations tested given in brackets

Sensitivity to Azoxystrobin

The table below gives the frequency of resistant isolates detected through in vitro monitoring since 1998.

Table 3: Frequency of Strobilurin Resistance in *M. fijiensis*

Country	% frequency of resistant individuals				
	1998	1999	2000	2001	2002
Mexico	-	-	0.0 (2) *	-	-
Belize	-	-	-	-	-
Honduras	-	0.0 (2)	0.0 (3)	0.0 (30)	-
Guatemala	-	0.0 (4)	0.0 (4)	0.0 (25) **	-
Nicaragua	-	-	-	0.0 (3)	-
Costa Rica	-	-	11.3 (33)	11.1 (78)	-
Panama	-	-	0.0 (5)	3.3 (15)	-
Colombia	-	-	0.0 (4)	0.03 (25)	-
Ecuador	-	-	-	0.01 (28) ***	-
Cameroon	-	-	-	0.0 (12)	-

* Number of subpopulations tested given in brackets

** Very low frequencies of resistant individuals detected in two farms through PCR analysis

*** False positive (PCR analysis demonstrated that resistance is not present)

CONCLUSIONS

Recent monitoring data indicate that the sensitivity of *M. fijiensis* to 14-DMIs has stabilized in most regions, and this class of fungicides continues to provide good disease control in the field. This stabilization is perhaps a testimonial to the success of anti-resistance management programmes in reducing or arresting the decline in sensitivity that was observed in the early 1990s. A trend towards reduced sensitivity has been observed in Costa Rica and Guatemala in recent years. It is the authors' experience that this shift can be halted if steps are taken to ease the selection pressure on the pathogen in farms where this tendency has been most marked.

Other data generated by Syngenta have indicated a strong positive correlation between shifts in sensitivity to propiconazole and shifts in sensitivity to difenoconazole (Wirz, unpublished data). This supports the premise that cross-resistance occurs between all 14-DMI fungicides

in *M. fijiensis*. However, examples from other crops indicate that 14-DMI triazole fungicides with different chemical structures may exert differential selection pressures, and secondary mechanisms of action have been identified that could affect resistance responses (Brent and Holloman, 1998). We conclude that the 14-DMI fungicides that are used for *M. fijiensis* control must be considered as a single cross-resistance group. Nevertheless, there is insufficient evidence to dismiss the possibility that different members of the group exert differential selection pressures, and that inclusion of more than one member of the group within a programme may reduce the risk of resistance developing to an individual active ingredient. Resistance considerations aside, this is a sound strategy for ensuring that the most appropriate product is used according to the disease situation in the plantation, and that the range of benefits offered by each product can be exploited.

The strobilurin resistance data indicate that there are no resistant individuals in the majority of locations surveyed. In North Guatemala, Panama, and Colombia, low frequencies of resistance are observed. There is no evidence that strobilurin resistance will reach levels that affect product performance in any of the countries outside of Costa Rica within the next few years, provided that FRAC guidelines are followed. In Costa Rica, high levels of resistance are observed in several farms in the major banana-growing regions. Data indicate that resistance frequencies are stable, following nearly two years of product withdrawal from many farms.

The results reported in this paper consistently indicate that reduced sensitivity, or resistance, occurs first in areas in which disease pressure is

greater, most notably in the major banana zones of Costa Rica. The key factor accounting for this is probably the higher selection pressure that is exerted by more intensive fungicide use. However, an elevated level of disease inoculum and shorter pathogen life cycle would also be expected to contribute to the proliferation of resistant mutants. In conclusion, we strongly recommend adherence to FRAC recommendations for all products, and advocate the adoption of all practices that will reduce the level of inoculum present in farms.

Fungicide programmes will remain indispensable for commercial banana production for the foreseeable future. Therefore resistance management will remain a prime consideration in the design of sigatoka control programmes, underpinned by appropriate monitoring efforts and judicious revision of use recommendations.

AFOREMENTIONED LITERATURE

- Amil, A., Wirz M., Cook, A., Shaw, M., Knight, S.C. (2002) (*ACORBAT proceedings 2002, in press*)
- Bartlett, D. W., Clough, J.M., Godwin, J.R., Hall, A.A., Hamer, M and Parr-Dobrzanski, B. (2002) The strobilurin fungicides. *Pest Management Science* Vol 58 (7) p649-662.
- Brent, K.J. (1995) Fungicide Resistance in Crop Pathogens: How can it be managed? FRAC Monograph No. 1. GIFAP, Brussels.
- Brent, K.J., Holloman, D.W. (1998) Fungicide resistance: the assessment of risk. FRAC Monograph No. 2. GIFAP, Brussels.
- Heaney, S. P. (1998) The mode of action and intrinsic resistance properties of fungicide used for the control of *Mycosphaella fijiensis* on banana. *Proceedings of the X111 ACORBAT Meeting, CONOBAN, Ecuador*
- Heaney S.P., Hall, A.A., Davies, S.A. and Olaya G (2000) Resistance to fungicides in the Qol-STAR cross-resistance group: current perspectives. *British Crop Protection Conference Proceedings, Vol 2* p755-762

Pathogenic variability in *Mycosphaerella fijiensis* and its implications for disease resistant bananas and plantains

R. A. Fullerton*

ABSTRACT

For resistance to black leaf streak (black Sigatoka) (*Mycosphaerella fijiensis*), breeders have concentrated on resistance that is simply inherited and can be readily recovered in the diploid improvement phase of the breeding programme. The principal source has been the diploid clone Calcutta 4 (*Musa acuminata* ssp. *burmannicoides*). Host inoculation studies have revealed considerable pathogenic variability within *Mycosphaerella fijiensis* Morelet particularly in the Papua New Guinea/South Pacific Region. It has also been shown that resistance in some genotypes (e.g. Paka, Yangambi km5) is strain-specific and that there are strains of the pathogen capable of overcoming it. Strains capable of infecting juvenile plants of Calcutta 4 have been found in Papua New Guinea and the South Pacific. There is a high risk associated with the continued reliance on a narrow genetic base for resistance breeding on a global scale. Priority should be given to identifying alternative sources of resistance, determining numbers of genes conferring resistance, screening germplasm with strains of known virulence, and utilising general (partial) resistance wherever possible. Resistance to *Mycosphaerella eumusae* should also be included as an additional target in breeding programmes.

Key words: Banana; black leaf streak; disease resistance; *Mycosphaerella fijiensis*; pathogenic variability

RÉSUMÉ

Pour la résistance à la maladie des raies noires (Sigatoka noir) des bananiers et des plantains (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), les améliorateurs se sont concentrés sur la résistance à hérédité simple et qui peut être facilement récupérée pendant la phase d'amélioration du diploïde. La principale source de résistance a été le diploïde *Musa acuminata* ssp. *burmannicoides*, clone Calcutta 4. Des inoculations sur plantes hôtes utilisant des souches choisies de *M. fijiensis* ont montrées une très grande variation du pouvoir pathogène en particulier chez les souches de Papua Nouvelle Guinée et chez celles de la région Pacifique Sud. Il a été montré que la résistance chez certains génotypes (e.g. Paka, Yangambi km5) est souche-spécifique et qu'il y a des souches qui sont capables de la surmonter. Des souches capables de causer la maladie sur jeunes plantes de Calcutta 4 ont été trouvées en Papua Nouvelle Guinée et dans le Pacifique Sud. Il y a un gros risque associé avec la dépendance continuelle à un échelon global d'une résistance à base étroite telle que Calcutta 4. Priorité devrait être donnée à l'identification de nouvelles sources de résistance, à la détermination du nombre de gènes qui codent pour cette résistance, à la sélection de génotypes utilisant des souches de virulence déterminée pour distinguer entre résistance qui est souche spécifique de celle qui est générale, à l'utilisation la résistance multigène (partielle) dans les programmes de sélection. La résistance à *Mycosphaerella eumusae* devrait aussi être inclus comme objectif supplémentaire dans les programmes de sélection.

INTRODUCTION

The global spread of black leaf streak (black Sigatoka) (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) following its first detection in a commercial banana plantation in Fiji in 1964 (Rhodes 1964) represents one of the classic plant disease epidemics of modern times. Despite its impact on large-scale commercial production, it was the effect

on subsistence and small-scale commercial growers in Central America and Africa that focussed world attention on the disease. The plantain types of banana (AAB) were all highly susceptible to black leaf streak and the 'new disease' threatened the food supply of millions of people for whom banana was a staple food crop. Immediate priority was given to the breeding of resistant cultivars to replace the highly susceptible cooking varieties.

* The Horticulture and Food Research Institute of New Zealand Limited. Private Bag 92169, Auckland, New Zealand. Tel. 64 9 8154200. Fax 64 9 8154201. Email: rfullerton@hortresearch.co.nz

The breeding programmes in Honduras and West Africa have been highly successful, with a number of disease-resistant cooking bananas being released to farmers over the past decade. All of these programmes have relied heavily on the diploid clone Calcutta 4 (*Musa acuminata* ssp. *burmannicoides*) as a source of resistance. As a result, the majority of varieties being released carry the same resistance. There is the potential for the failure of those varieties should a strain of the fungus emerge that can overcome that resistance. This paper presents an overview of pathogenic variability in *M. fijiensis* and its implications in the search for alternative sources of resistance.

MECHANISMS OF RESISTANCE

The resistance expressed by plants to invading pathogens falls into two broad categories:

1. *Strain-specific resistance* (also commonly known as 'specific resistance', 'vertical resistance', 'major gene resistance' and 'qualitative resistance'). A cultivar possessing strain-specific resistance will be typically resistant to some strains of a pathogen but not to others. The resistance is normally controlled by a single 'resistance' gene in the host that is able to recognise, and respond to, strains of the pathogen that carry a corresponding 'avirulence' gene. Penetration by the fungus leads to the rapid death of the invaded cell and often a number of adjacent cells. The invading fungus becomes isolated in an island of dead tissue and can progress no further. This response is known as a 'hypersensitive' reaction. A single mutation in the pathogen (resulting in the loss of the avirulence gene) could produce a strain of the fungus that is unrecognisable to the previously resistant host plant and thus can successfully infect. At that stage the resistance is said to have 'broken down'.
2. *Strain-non-specific resistance* (also commonly referred to as 'general resistance', 'horizontal resistance', 'minor gene resistance', 'quantitative resistance' or 'partial resistance'). With resistance of this kind, infection by the pathogen will stimulate a range of resistance responses that either suppress the development of the pathogen, or limit its effect on the host. The various host responses are controlled by different genes and the effects are normally

additive. A single mutation in the pathogen will have little effect on the overall disease resistance in the host. If one resistance mechanism is overcome, a range of others will continue to inhibit the fungus. For that reason, strain-non-specific (general) resistance is considered to be more durable than strain-specific resistance.

BREEDING FOR RESISTANCE

Strain-specific resistance has been the preferred form of resistance for plant breeders of many types of food crops. It can readily be handled in pedigree breeding programmes or, in many cases, simply introgressed into existing varieties by a process of backcrossing and selection. By contrast, the breeding strategy for general resistance involves the progressive accumulation of minor resistance genes in good agronomic types by a programme of recurrent mass selection. Such a strategy is dependent on the ability to perform large numbers of crosses between parents and to select a population of superior progeny (agronomic quality/disease resistance) for the following cycle of intercrossing.

Conventional breeding of bananas utilises the low levels of female fertility in some triploid clones, and agronomically improved (including disease resistance) fertile diploids as males (Rowe 2000). As a result, banana improvement is largely restricted to a pedigree breeding strategy utilising simply inherited (and possibly less durable) sources of disease resistance. Because the resultant varieties are genetically 'fixed', when released globally they present ongoing selection pressure for virulence within local populations of the pathogen.

PATHOGENIC VARIABILITY IN *M. FIJIIENSIS*

Molecular analyses (Carlier et al. 1994, 1996; Neu et al. 1999) have revealed extensive polymorphism in populations of *M. fijiensis* particularly in recognised centres of diversity of *Musa* such as South East Asia, Philippines and Papua New Guinea. Such analyses do not, however, relate directly to biological attributes of the organism, and infer only the likelihood of pathogenic diversity in any particular population.

To date, only one detailed study of pathogenic diversity in the organism using host plant reactions has been carried out (Fullerton & Olsen 1995).

Strains of the pathogen from different localities were inoculated to a range of *Musa* genotypes under standard conditions, and the reaction of each genotype/strain combination recorded. A selection of 54 strains of *M. fijiensis* were used for the study, mostly from the Pacific Islands and Papua New Guinea, but including representative isolates from Central America and Africa. The host genotypes were a "standard set" of varieties selected to provide a range of disease reactions.

Tests were made on juvenile plants approximately 6 weeks after growing-out from tissue culture. A suspension of conidia was applied to the abaxial surface of the two youngest, fully expanded leaves, allowed to dry for 1-2 hours then incubated at 25-28°C under near-saturated conditions for 8 days. After the incubation period, plants were held at 25-28°C for symptoms to develop. Leaves were inspected every 5 days, and the most advanced stage of symptom development and the time taken to reach that stage were recorded. From that data a series of grades of pathogenicity ranging from 1 (highly resistant host reaction) to 5 (highly susceptible host reaction) was developed and single rating then applied to each host/strain interaction.

Full details of *Musa* genotypes used, methods, and host responses of all strains tested are to be found in Fullerton & Olsen (1995). A representative selection of results of host/pathogen interactions is shown in Table 1. The principal findings were:

1. Different strains of the pathogen had different combinations of virulence.
 2. Some hosts e.g. Grande Naine and SF215 were susceptible to all strains. Others e.g. T8, Calcutta and Pahang were susceptible to some strains but not to others. Only one, Tuu Gia, was consistently resistant although it expressed a moderately susceptible reaction to some strains.
 3. The resistance expressed by some of the genotypes (e.g. Paka, Yangambi km5, Calcutta 4) was strain-specific and there were strains capable of overcoming it.
 4. Virulence on Paka (an AA diploid of East African origin) and T8 (an AAAA Highgate x Paka hybrid) is widespread in the Pacific Islands and Papua New Guinea.
 5. Resistance in Paka and Yangambi km5 may be conferred by the same gene.
- Collectively, strains of *M. fijiensis* from the

Papua New Guinea/South Pacific area expressed virulence on all genotypes used in the study except Tuu Gia. Many of the strains from the Pacific region carried a broad spectrum of virulence. The few strains tested from Central America, and Nigeria (both areas of relatively recent introduction) had a relatively limited spectrum of virulence.

The reaction observed in Calcutta 4 is of particular interest. Virulence on juvenile plants was commonly found in strains from Papua New Guinea and the Pacific Islands. However there is, to date, no record of Calcutta being diseased in the field, suggesting that different mechanisms of resistance are operating in the adult plant. Possible differences between juvenile plant reaction and adult plant reaction need to be recognised in tests of this kind.

BREAKDOWN OF RESISTANCE IN THE FIELD

Paka and T8 were amongst a range of genotypes introduced to the Cook Islands (South Pacific) from the Jamaica Plant Breeding Programme in 1979-80 for screening against *M. fijiensis*. Initially both were highly resistant to Black Sigatoka (Gonsalves 1987) with Paka being rated "immune" in some assessments (unpublished data). In 1989 both Paka and T8 became diseased. The rapid change in field reaction, and the reactions of plants in the glasshouse to strains collected before and after that event confirmed that there had been a change in the pathogen population to virulence on Paka (Fullerton & Olsen 1995). This was the first documented case of "breakdown" of resistance to *M. fijiensis*. Paka virulence is probably endemic to pathogen populations in the Papua New Guinea/South Pacific region.

Yangambi km5, a triploid AAA of East African origin, is normally highly resistant to *M. fijiensis* under both field and laboratory conditions (Salle et al. 1990). When evaluated in Cameroon in 1988-89 it was highly resistant. By 1997 the variety was being severely diseased at all altitudes up to 1250m (Mouliom-Pefoura 1999). This was the first documented case of breakdown of resistance in Yangambi km5.

The study by Fullerton & Olsen (1995) suggests that the same gene may control the resistance of Paka and Yangambi km5. Strains avirulent on Paka were also avirulent on Yangambi km5. When

Table 1. Reactions of selected strains of *M. fijiensis* on a range of *Musa* genotypes 1991 (after Fullerton & Olsen, 1995).

Strain/Country of origin	GN	T8	Paka	Yang	M. balb	Calc	Tuu	Pah	P. Berl	SF 215	P. Mas	AVP28 (P. Mas)
294 Samoa	4	1	2	2	4	5	3	5	2	4	2	4
674 Cook Islands	4	4	-	-	2	1	3	1	2	4	2	2
689 Cook Islands	4	4	5	4	4	1	1	5	3	4	2	4
638 Cook Islands	3	4	-	-	-	1	1	1	3	2	3	3
716 Cook Islands	4	1	-	-	-	-	1	2	2	3	1	5
743/1 Cook Islands	-	-	-	-	5	5	-	4	-	5	-	-
743 Tonga	5	5	4	4	-	5	2	4	3	5	5	-
298 PNG	5	4	-	-	-	4	1	4	5	5	5	4
299 PNG	4	2	-	-	1	4	1	-	-	4	4	-
300 PNG	5	1	-	-	-	1	1	1	4	4	4	-
326 PNG	5	5	-	-	-	5	3	4	5	5	5	-
330 PNG	5	1	-	-	-	5	1	3	5	5	4	4
297 PNG	4	3	-	-	-	4	1	-	-	5	4	-
310 PNG	5	2	-	-	-	5	1	4	4	5	4	4
302 PNG	5	1	-	-	-	5	1	4	4	5	5	5
318 PNG	5	2	2	2	-	5	1	3	4	5	5	-
321 PNG	4	4	-	-	1	1	1	-	3	4	3	-
475 PNG	5	2	-	-	-	1	1	5	5	5	5	-
722 Nigeria	4	1	-	-	-	1	1	4	3	5	4	-
730 Nigeria	4	4	-	-	-	0	1	-	2	5	4	-
548 Costa Rica	5	1	-	-	-	1	2	4	3	5	4	-
634 Honduras	4	5	-	-	-	2	3	1	4	5	4	-
719 Philippines	3	3	-	-	-	2	2	1	4	5	4	-

Reaction types:

Host perspective: 1 = highly resistant ("immune"), 2 = moderately resistant, 3 = resistant, 4 = moderately susceptible, 5 = highly susceptible.

Pathogen perspective: 1 = avirulent, 2 = low virulence, 3 = low virulence, 4 = high virulence, 5 = very high virulence.

Abbreviations: GN = Grande Naine (AAA); Yang = Yangambi km5 (AAA); M. balb = *Musa balbisiana* (BB); Calc = Calcutta 4 (*M. acuminata* ssp. *burmanicoides*) (AA); Tuu = Tuu Gia (AA); Pah = Pahang (*M. acuminata* ssp. *malaccensis*) (AA); P. Berl = Pisang Berlin (AA); P. Mas = Pisang Mas (AA). PNG = Papua New Guinea

Blanks in table indicate no inoculation carried out.

challenged by strains virulent on Paka, Yangambi km5 expressed a typical susceptible response. Infertility in Yangambi km5 prevents direct genetic analysis of its resistance. Exposure to a greater range of strains having virulence on Paka would help confirm a relationship between their genotypes.

Implications of pathogenic variability in the search for disease resistant germplasm

Because of the biological limitations on breeding strategies, strain-specific resistance is likely to remain an important component of

conventional breeding programmes. The studies of Fullerton & Olsen (1995) have demonstrated considerable pathogenic variability in *M. fijiensis* and that the resistance expressed by some of the banana genotypes is strain-specific and vulnerable to breakdown. Furthermore, resistance expressed by a genotype in one geographic locality may not necessarily ensure resistance in another.

Key elements of a strategy to minimise the risk of breakdown of resistance in new cultivars should include:

1. Identify new sources of resistance

The need to prospect for different sources of resistance is already widely recognised by banana breeders and pathologists (Anon. 1998; Anon 2000). Interest should remain centred on South East Asia, a major centre for *Musa* diversity and the source of Calcutta 4 and other potentially useful resistant subspecies such as *M. acuminata* ssp. *saimea* and *M. acuminata* ssp. *malaccensis*. Prospecting should include genotypes with a high degree of general resistance.

2. Genetic analysis to determine the numbers of genes involved in resistance.

The limited evidence available suggests that in at least some genotypes, more than one gene is involved in resistance to the Sigatoka leaf diseases. Resistance to yellow Sigatoka (*Mycosphaerella musae* Leach ex Mulder) in *M. acuminata* ssp. *zebrina* is considered to be partially dominant with multiple genes being involved (Vakili 1968). Shepherd (1990), using the same pathogen, considered that resistance to in the wild forms of *M. acuminata* was dependent, in part, on homozygous recessive genes. Ortiz & Vuylsteke (1992, 1993) have determined that resistance in Calcutta 4 is controlled by one major recessive allele (*bsr1*) and two independent recessive alleles with additive effects (*bsr2* and *bsr3*). Until genetic markers are identified for major resistance genes in banana, conventional genetic analysis remains an essential step to indicate the potential durability of new sources of resistance.

3. Screen candidate resistant germplasm to strains of known virulence under controlled conditions.

Experience has shown that it may take several years of exposure of relatively large numbers of a particular genotype to detect virulence present at a low frequency in the pathogen population. The availability of strains of the pathogen with known virulence on specific genotypes offers an opportunity for rapid screening of new sources of resistance. Such screening is relatively easy to carry out, it can discriminate between strain-specific resistance and general resistance, and it can also

indicate whether resistance in different genotypes is conferred by the same or different resistance genes. This should be viewed as an important adjunct to the genetic analysis of resistant genotypes.

4. Utilization of general resistance in breeding programmes.

Genotypes that express strain-specific resistance should be avoided unless it can be shown that there are other genes 'behind' the gene controlling the hypersensitive response. Strain-specific resistance is, however, a valuable future resource for use in marker assisted breeding. By targeting relatively high levels of general resistance (rather than immunity) in the diploid improvement phase of the programme, the progeny of the final crosses with susceptible triploids should inherit adequate levels of resistance. A number of progeny from the breeding programme in Nigeria, in which Calcutta derived diploids were used as the male parent, have been described as having 'partial resistance' (Ortiz & Vuylsteke 1998a, b, Ortiz et al. 1998), suggesting a 'dilution' of the original Calcutta resistance during the breeding programme. These cultivars still offer an acceptable degree of resistance. The 'amount' of general resistance needed to obtain a successful crop is not known and is likely to be environmentally dependent. In subsistence and small-scale commercial production, plants with moderate levels of disease would probably produce adequately for the intended purposes. At that stage other factors such as weevil borer, nematodes and viruses could present greater constraints to production than leaf disease.

5. Identification and utilisation of resistance to *Mycosphaerella eumusae* in breeding programmes.

The identification of a new pathogen, *Mycosphaerella eumusae* Carlier et al. (anamorph *Septoria eumusae* Carlier et al.) (Carlier et al. 2000) causing leaf disease of bananas in Southern Asia is a cause for concern. The symptoms are superficially similar to those of black leaf streak, and the disease can cause severe defoliation. The species is widespread in southern Asia (Southern India, Sri Lanka, Thailand, Malaysia, Viet Nam) and

has also been found in Mauritius and Nigeria. This disease must be regarded as a potentially serious threat to bananas worldwide. Two previous global epidemics of banana leaf diseases (*M. musicola* from 1913 and *M. fijiensis* from 1964) originated in the Asia/South Pacific area after the organisms had apparently remained quiescent in their areas of origin for generations. The possibility of a similar epidemic of *M. eumusae* cannot be discounted. Current collections and key breeding lines should be screened for resistance to *M. eumusae*, and resistance should be regarded as a necessary attribute for new germplasm introduced to the breeding programmes. As with the Sigatoka diseases, the South East Asia region offers the best prospects for finding resistance to the *M. eumusae*.

Control of the Sigatoka leaf disease complex (*M. musicola*, *M. fijiensis*, *M. eumusae*) presents an ongoing challenge to subsistence farmers, commercial growers and breeders alike. The limited genetic diversity of *M. fijiensis* in areas of recent introduction (Carlier et al. 1996), its range of virulence in the Papua New Guinea/Pacific region (Fullerton & Olsen 1995), and the recent identification of *M. eumusae* in Asia and elsewhere (Carlier et al. 2000) indicate that banana growing countries will remain at risk not only from incursions of new species, but also from new strains of species already present. Broad-based, multigenic resistance should be the goal for all future *Musa* germplasm prospecting and utilisation programmes.

REFERENCES

- Anon. 1998. PROMUSA Genetic improvement working group meeting – Developing collaborative strategies. PROMUSA News No.2, p iii. In INFOMUSA 7, December 1998.
- Anon. 2000. Report of the PROMUSA Sigatoka working group. PROMUSA News No. 6, p iv. In INFOMUSA 9, December 2000.
- Carlier, J.; Mourichon, X.; Gonzales-de-Leon, D.; Zapater, M. F.; Lebrun, M. H. 1994. DNA restriction fragment length polymorphisms in *Mycosphaerella* species that cause banana leaf spot disease. *Phytopathology* **84**, 751-756.
- Carlier, J.; Lebrun, M. H.; Zapater, M. F.; Dubois, C.; Mourichon, X. 1996. Genetic structure of the global population of banana black leaf streak fungus, *Mycosphaerella fijiensis*. *Molecular Ecology* **5**, 499-501.
- Carlier, J.; Zapater, M.-F.; Lapeyre, F.; Jones, D. R.; Mourichon, X. 2000. Septoria leaf spot of banana: a newly discovered disease caused by *Mycosphaerella eumusae* (Anamorph *Septoria eumusae*). *Phytopathology* **90**, 884-890.
- Fullerton, R. A.; Olsen, T. L. 1995. Pathogenic variability in *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, cause of black Sigatoka in banana and plantain. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* **23**, 39-48.
- Gonsalves, R. A. 1987. Reactions of breeding lines of banana from Jamaica to black leaf streak. Pp. 218-228 in: *Memoria de la reunion regional de INIBAP para America Latina y el Caribe*. San Jose, Costa Rica. Jaramillo, R.; Mateo, N., ed. International Network for the Improvement of Banana and Plantain, Montpellier, France.
- Mouliom-Pefoura, A. 1999. First observation of the breakdown of resistance in Yamgambi km5 (*Musa* sp. to the black leaf streak disease in Cameroon. *Plant Disease* **83**, 78.
- Neu, C.; Kaemmer, D.; Kahl, G.; Fischer, D.; Weising, K. 1999. Polymorphic satellite markers for the banana pathogen *Mycosphaerella fijiensis*. *Molecular Ecology* **8**, 523-525.
- Ortiz, R.; Vuylsteke, D. 1992. The genetics of black Sigatoka resistance, growth, and yield parameters on 4x and 2x plantain-banana hybrids. P. 379 in: *Breeding banana and plantain for resistance to diseases and pests. Proceedings of the International Symposium on Genetic Improvement of Bananas for Resistance to Pests and Diseases, organised by CIRAD-FLHOR*. Montpellier, France, 7-9 September 1992. Ganry, J. ed. Centre de coopération international recherche agronomique pour le développement, and the International Network for the Improvement of Banana and Plantain. Montpellier, France.
- Ortiz, R.; Vuylsteke, D. 1993. Inheritance of black Sigatoka resistance and fruit parthenocarpy in triploid AAB plantain. *Agronomy Abstracts*, 109.
- Ortiz, R.; Vuylsteke, D. 1998a. 'BITA-3': a starchy banana with partial resistance to black sigatoka and streak virus. *Hort Science* **33**, 358-359.
- Ortiz, R.; Vuylsteke, D. 1998b. 'PITA-14': a black sigatoka-resistant tetraploid plantain hybrid with virus tolerance. *Hort Science* **33**, 360-361.
- Ortiz, R.; Vuylsteke, D.; Crouch, H.; Crouch, J. 1998. TM3x: triploid black sigatoka-resistant *Musa* hybrid germplasm. *Hort Science* **33**, 362-365.
- Rhodes, P. L. 1964. A new banana disease in Fiji. *Phytopathological News* **10**, 38-41.
- Rowe, P. 2000. Mejoramiento de bananaos y platanos para resistencia a enfermedades: eventos cruciales y sus implicaciones. CORBANA 1999, publ. 2000, 24:51,99-110.
- Salle, G.; Pichard, V.; Mourichon, X. 1990. Cytological study of the interaction between *Mycosphaerella fijiensis* Morelet and three cultivars of *Musa* representing different levels of resistance. Pp. 180-190 in: *Sigatoka Leaf Diseases of Bananas: Proceedings of an international workshop held at San Jose, Costa Rica, March 28 - April 1, 1989*.
- Shepherd, K. 1990. Genetic improvement of bananas in Brazil: aspects related to resistance to the genus *Mycosphaerella*. Pp. 237-242 in: *Sigatoka Leaf Diseases of Bananas: Proceedings of an international workshop held at San Jose, Costa Rica, March 28 - April 1, 1989*. Fullerton, R. A.; Stover, R. H. ed. International Network for the Improvement of Banana and Plantain. Montpellier, France.
- Vakili, N. G. 1968. Responses of *Musa acuminata* species and edible cultivars to infection by *Mycosphaerella musicola*. *Tropical Agriculture (Trinidad)* **45**, 13-22.

Genética de poblaciones de *Mycosphaerella fijiensis* en el trópico americano

G.G. Rivas-Platero¹, M.F. Zapater² y J. Carlier²

I INTRODUCCIÓN

El hongo ascomiceto *Mycosphaerella fijiensis* (anamorfo *Paracercospora fijiensis*) es el agente causal de la enfermedad de la raya negra del banano (BLSD) o Sigatoka negra, como es conocida comúnmente, la enfermedad foliar más limitante en la producción de este cultivo (Stover y Simmonds 1987). Desde la primera aparición de la enfermedad en Honduras en 1972 (Mourichon y Fullerton 1990), la enfermedad se ha diseminado progresivamente a otros países de América Latina y la cuenca del Caribe. Entre 1973 y 1980 severas epidemias ocurrieron en el continente, distribuyéndose principalmente desde Honduras a Belize, Guatemala, Nicaragua y Costa Rica. Posteriormente apareció en 1981 en México, Panamá y Colombia, en 1986 en Ecuador. En la década siguiente se registra en 1990 en Cuba, en 1991 en Venezuela y entre 1995-96 en Jamaica y República Dominicana. El último registro se refiere a Brasil en 1998 (Jones 2000).

La estructura de poblaciones se refiere a la cantidad y distribución de la variación genética dentro y entre poblaciones. Este conocimiento es importante para entender la biología de las poblaciones de patógenos. Dicha información puede ser usada para inferir el relativo impacto de las diferentes fuerzas evolutivas que influyen la biología de las poblaciones de patógenos y con esto predecir el potencial de evolución de las poblaciones dentro de ecosistemas agrícolas (McDonald 1997, Leung *et al.* 1993). Este tipo de estudio conlleva a cuestionar algunos aspectos básicos de la genética de poblaciones de hongos fitopatógenos,

p.e. ¿Cuánta diversidad genética está presente dentro de las poblaciones? y ¿Cómo se distribuye la diversidad genética dentro y entre poblaciones? (McDonald *et al.* 1999).

El conocimiento de la magnitud y distribución de la variación genética de *M. fijiensis* es necesaria para el mejoramiento y manejo de la resistencia de la Sigatoka negra. Un estudio a escala global mostró que las poblaciones del patógeno mantienen un alto nivel de diversidad genética en la zona de origen (el Sudeste Asiático) y que la recombinación desempeña un papel importante en la evolución de este patógeno. El número de alelos presentes en las diferentes poblaciones varía entre 1.7 a 7.7 y el índice de diversidad de Nei (H) fluctúa entre 0.22 a 0.59. Los valores encontrados son más altos que los observados para otras especies de patógenos como *Mycosphaerella graminicola* y *Stagonosporum nodurum* (McDonald *et al.* 1999). Esta zona es una región estratégica para la evaluación de la resistencia de *Musa* al patógeno. Asimismo se detectó un alto nivel de diferenciación genética entre continentes, sugiriendo un limitado flujo de genes en esta escala global y que la diseminación se realiza principalmente a través del movimiento de plantas infectadas (Carlier *et al.* 1996).

LA DIVERSIDAD GENÉTICA DE *M. FIJIIENSIS* EN AMÉRICA LATINA

Nuestros estudios en América Latina analizan 203 aislamientos distribuidos en siete poblaciones: Honduras, Costa Rica, Panamá, Colombia, Jamaica y República Dominicana. El objetivo de ese tra-

1. CATIE. Departamento de Agricultura. 7170. Turrialba, Costa Rica. e-mail: grivas@catie.ac.cr

2. CIRAD-AMIS. TA 40/02 Av. Agropolis 34398. Montpellier Cedex 5. France.

bajo fue determinar la estructura genética de poblaciones de *M. fijiensis* en América Latina y el Caribe usando marcadores moleculares. Todos los aislamientos se caracterizaron con ocho marcadores CAPS. Para cada población se estimaron los siguientes parámetros: frecuencias alélicas, promedio de alelos por locus, número de locis polimórficos y el índice de diversidad de Nei (1978). Los análisis genéticos se realizaron con el programa Genepop v.3.1 (Raymond and Rousset 1995).

Los resultados mostraron que las poblaciones de Costa Rica y Honduras registran los mayores índices de diversidad (0.31 y 0.36 respectivamente) y que los efectos de fundación que han acompañado las otras introducciones han reducido la diversidad genética. Es decir que la introducción del patógeno a una nueva área, puede haber involucrado el movimiento de un pequeño número de individuos que representan una limitada fuente genotípica de la población de origen, esto es lo que se conoce como efecto de fundación (Hartl and Clark 1989).

Se encontró un alto nivel de diferenciación genética entre las poblaciones, las más distantes fueron los pares República Dominicana-Panamá y Cuba-Panamá. Estos datos sugieren un limitado flujo de genes en el continente y que posiblemente el principal factor de diseminación sea a el trasiego de plantas infectadas y/o una muy restringida dispersión de ascosporas. Lo anterior nos hace considerar que las poblaciones de *M. fijiensis* presentes en el continente son diferentes unidades epidemiológicas.

PERSPECTIVAS

La investigación en la genética de poblaciones de *M. fijiensis* es necesaria para determinar la variabilidad del patógeno en el ámbito de plantas, campos de cultivo, zonas de cultivo, países o regiones geográficas para determinar si las diferentes áreas productoras de banano son una sola o diferentes unidades epidemiológicas. Actualmente se trabaja con estudios locales, en Costa Rica, usando modelos de aislamientos por distancia con el

fin de correlacionar la distancia geográfica y las distancias genéticas encontradas entre poblaciones y con ello precisar la capacidad de dispersión del patógeno (Slatkin 1993). Futuros estudios utilizarán marcadores microsatélites para conocer con mayor detalle la variación genética de las poblaciones de *M. fijiensis* y con ello coadyuvar al conocimiento de la evolución, la epidemiología, al diseño de estrategias de manejo de este patógeno y con esto desarrollar materiales de *Musa* resistentes a la enfermedad. Todas estas actividades permitirán los enlaces de investigación entre instituciones locales e internacionales que trabajan con la problemática de la Sigatoka negra en el trópico americano.

REFERENCIAS

- Carlier, J., Lebrun, M.H., Zapater, M.F., Dubois, C. and Mourichon, X. 1996. Genetic structure of the global population of banana black leaf streak fungus, *Mycosphaerella fijiensis*. Mol. Ecol. 5:499-510.
- Hartl, D.L. and Clark, A.G. 1989. Principles of population genetics. Sianuer Associates, Inc. Sunderland, Mass.
- Jones, D. (ed.) 2000. Diseases of banana, abacá and enset. CABI Publishing. UK. 544p.
- Leung, H., Nelson, R.J., and J.E. Leach. 1993. Population structure of plant pathogenic fungi and bacteria. Advances in Plant Pathology 10:157-205.
- McDonald, B.A. . 1997. The population genetics of fungi: tools and techniques. Phytopathology 87:448-453.
- McDonald, Zhan, J., Yarden, O, Hogan, K., Garton, J. And R.E. Pettway. The population genetics of *Mycosphaerella graminicola* and *Stagonospora nodorum*. In: J.A. Lucas, P. Boyer and H.M. Anderson (eds.) Septoria on cereals; a study of pathosystems. p: 44-69. CABI, UK.
- Mourichon, X., and R.A. Fullerton. 1990. Geographical distribution of two species *Mycosphaerella musicola* Leach (*Cercospora musae*) and *M. fijiensis* Morelet (*C. fijiensis*), respectively agents of Sigatoka disease and Black Leaf Streak Disease in bananas and plantains. Fruits 45: 213-218.
- Nei, M. 1978. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. Genetics 89:583-590.
- Slatkin, M. 1993. Isolation by distance in equilibrium and non-equilibrium populations. Evolution 47(1):264-279.
- Stover, R.H. and Simmons, N.W. 1987. Banana, 3rd. Edn. Longman Scientific and Technical, Harlow, Essex, UK, 468p.
- Raymond, M. and Rousset, F. 1995. Genepop (Version 1.2): population genetics software for exact tests and ecumenicism. Journal of Heredity 86(3):248-249.

Update in resistance to black Sigatoka through induced mutations

Nicolas Roux and Arsenio Toloza

Abstract

Black Sigatoka disease significantly affect banana cultivation and can reduce fruit yield by 50 percent. Chemical control strategies exist to combat this disease, but they are environmentally unsound, hazardous and very expensive for many farmers. The only sustainable means to reduce the use of pesticides is breeding for tolerant cultivars. Whereas breeders are looking for genetic variability to develop new varieties, edible *Musa* varieties are multiplied vegetatively, polyploid and sterile. Spontaneous somatic mutation is a source of variation that has already contributed largely to obtaining new varieties in *Musa* spp. Nevertheless, the rate of occurrence is too low to satisfy practical breeding needs. Mutations can be induced by physical or chemical mutagens. With the development of tissue culture techniques, *in-vitro* mutagenesis raised hopes in the 1980-1990s. In spite of this, very few useful and stable mutants were obtained. The multicellular structure of meristems which leads to chimerism is certainly an impeding factor. Additionally, the random process in mutation induction calls for the screening of several thousand plants after treatment. Recently, it has been possible to overcome these two barriers by mutagenic treatment of embryogenic cell suspensions and by establishing an early mass screening method resting on infiltration of juglone, a toxic metabolite of *Mycosphaerella fijiensis*. After screening approximately 4,000 plants, 15 putative mutants showed tolerance to this metabolite.

Resumen

La Sigatoka negra afecta significativamente el cultivo del banano y puede reducir su producción en un 50 por ciento. Existen estrategias químicas para combatir esta enfermedad, pero son ambientalmente dañinas, peligrosas y muy costosas para muchos agricultores. La única manera sostenible de reducir el uso de pesticidas es el mejoramiento de las variedades para hacerlas tolerantes. Mientras que los fitomejoradores están buscando variabilidad genética para desarrollar nuevas variedades, las variedades comestibles de *Musa* se multiplican vegetativamente, son poliploides y estériles. La mutación somática espontánea es una fuente de la variación que ha contribuido ya en gran parte a obtener nuevas variedades en *Musa* spp. Sin embargo, el índice de ocurrencia es demasiado bajo para satisfacer las necesidades prácticas de mejoramiento. Las mutaciones se pueden inducir por agentes mutagénicos físicos o químicos. Con el desarrollo de las técnicas de cultivo de tejido, la mutagénesis *in vitro* levantó esperanzas en los años 1980-1990. A pesar de esto, fueron obtenidos muy pocos mutantes útiles y estables. La estructura multicelular de los meristemos que conduce al quimerismo es un factor impeditivo. Además, el azar en el proceso de inducción de la mutación requiere la revisión de varios miles de plantas después del tratamiento. Recientemente, ha sido posible superar estas dos barreras por el tratamiento mutagénico de suspensiones celulares embriogénicas y el establecimiento de un método de selección precoz que consiste en la infiltración del juglone, un metabolito tóxico del hongo *Mycosphaerella fijiensis*. Después de revisar aproximadamente 4.000 plantas, 15 mutantes putativos demostraron tolerancia a este metabolito.

I

INTRODUCTION

Bananas and plantains (*Musa* spp.) are two of the world's major crops. They are a staple food of millions of people and rank among the top five food commodities. Only 13% of the total banana production, mainly dessert bananas, is produced for export (Sharrock and Frison, 1999). Hence, ba-

nanas and plantains are important components of food security in the tropics. Sigatoka leaf-spot diseases significantly affect banana cultivation and can reduce fruit yield by 50 percent (Mourichon, 1997). Chemical control strategies exist to combat these diseases, but they are environmentally unsound, hazardous and very expensive for many

* Plant Breeding Unit, FAO/IAEA Agriculture and Biotechnology Laboratory, International Atomic Energy Agency Laboratories, A-2444 Seibersdorf, Austria

farmers (Persley and George, 1999). Breeding of resistant cultivars is the only sustainable mean to reduce the use of pesticides. Just as evolution is based on genetic variation so is breeding. Variation is among others, induced by hybridization and mutation. breeding is difficult in edible *Musa* spp. since they are polyploid and sterile. Spontaneous mutations are at the origin of almost all of the edible banana and plantain varieties (Buddenhagen, 1987). The best example is the spontaneous banana mutant “Cavendish” originating from Vietnam, which is resistant to *Fusarium* wilt (race 1) and which replaced “Gros Michel” in 1950s - 60’s (Ploetz, 1994). The discovery of this banana mutant saved the banana industry from collapsing. Consequently, the export trade relies on a very narrow genetic base since only one or two triploid *acuminata* varieties of the subgroup Cavendish dominate the export market (Risède and Tezenas du Montcel, 1997). Banana is probably the best example in the history of agriculture of the pathological perils of monoclonal culture. Indeed, without clonal diversification, the trade can hardly be expected to survive indefinitely and the generation and use of genetic variability may be the only remaining option. Spontaneous somatic mutation is a source of variation that has already contributed largely in obtaining new varieties in *Musa* spp. Nevertheless, the rate of occurrence is too low to satisfy practical breeding needs. Genetic engineering tools such as mutation induction and genetic transformation offer an opportunity for plant breeders to overcome the constraints imposed by the high level of sterility in most popular cultivars (Swennen et al., 2002). This paper will present the progress made in *Musa* for obtaining black Sigatoka resistant plants following a five year coordinated research project financed by the Food and Agriculture Organisation (FAO), the International Atomic Energy Agency (IAEA) and the Belgian General Direction for International Cooperation (DGCI).

1. ORGANOGENESIS

1.1 Mutagenic treatment of shoot-tip cultures

The *Musa* mutation induction system based on *in vitro* techniques to recover mutant plants and

micropropagate desirable mutants was developed by Novák *et al.* (1990) in the FAO/IAEA Laboratories. It is now applied worldwide in several *Musa* breeding programmes. Gamma irradiation is the main physical mutagen used to induce genetic variation. More recently Roux (1997) standardised the methodology to provide guidelines to mutation induction programmes in *Musa* spp. Shoot-tips excised from clones representing the different genomic constitutions of the genus *Musa* were treated with 10 doses from 10 to 100 Gy of a ^{60}Co gamma irradiation source at a dose rate of 44 Gy/min. For each *Musa* accession, 200 explants were treated for sensitivity testing and 20 non-irradiated explants were used as control. Radiation sensitivity and post-irradiation recovery were assessed by measuring the survival rate, the propagation rate, the shoot height and the fresh weight.

The different *Musa* accessions showed different responses according to the ploidy level and genomic constitution. The following ranges of doses are recommended:

- 10 to 20 Gy of gamma irradiation for diploid clones Calcutta 4 (AA) and Tani (BB);
- 30 to 40 Gy of gamma irradiation for the triploids Three Hand Plantain (AAB), Grande Naine (AAA), Williams (AAA) and Kamaramasenge (triploid, formerly classified as AB);
- 40 to 50 Gy of gamma irradiation for the triploid Cachaco (ABB).

From the FAO/IAEA mutant varieties database, two banana accessions were registered as improved mutant varieties: “Novaria” for early flowering and “Klue Hom Thong KU1” for its bunch size and cylindrical shape from which larger bananas can be selected.

Other desirable variants/putative mutants have been identified for release or further confirmation trials. Examples are shown in Table 1.

1.2 Chimerism dissociation using shoot-tip cultures

In vitro mutagenesis of multicellular meristems of *Musa* spp. leads to a high degree of chimerism. Repeated vegetative propagation must be carried out to dissociate chimeras but the minimum number of cycles required is unknown. In general, mutated cells are difficult to monitor but mutations,

Table 1: List of putative mutants obtained

Country	Parent clone	Selected clone	Selected traits	Technique	Place of induction
Cuba	SH-3436	SH-3436-L9	Reduced height	Gamma rays	Cuba
	Parecido al Rey	6.44	Reduced height	Gamma rays	IAEA
Malaysia	Pisang Rastali	Mutiara	FOC tolerance	Somaclonal variation	Malaysia
	Novaria		FOC tolerance	Somaclonal variation	Malaysia
Philippines	Lakatan	LK-40	Reduced height	Gamma rays	IAEA
	Latundan	LT-3	Larger fruit size	Gamma rays	IAEA
Sri Lanka	Embul	Embul-35 Gy	Earliness	Gamma rays	Sri Lanka
Austria (IAEA)	Grande Naine	GN35-I to GN35-VIII	Tolerance to toxin from <i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Gamma rays	IAEA

Note: FOC means *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*

which result in a change in genome number, are an exception. Roux et al. (2001) simulated this case by colchicine treatment, followed by flow cytometric analysis. Colchicine treatment induced ploidy chimerism (mixoploidy), and chimera dissociation was assessed using three different propagation systems (shoot-tip culture technique, multi-apexing culture technique and corm slice culture technique). The average percentage of cytochimeras was reduced from 100% to 36% after three subcultures using shoot-tip culture, from 100% to 24 % when propagating by the corm slice culture technique and from 100% to 8% after the same number of subcultures using the multi-apexing technique. All propagation systems failed to eliminate chimerism completely.

Even though the traditional shoot tip mutation induction technique applied to *Musa* spp. improvement has permitted to obtain useful mutants, the following limitations are impeding its wider use:

- The treatment of shoot-tips with mutagenic agents (physical or chemical) results in a high degree of chimerism. This is a serious obstacle to mutation techniques since it is not yet possible to distinguish mutated cells from none mutated cells.
- Since mutation induction is a random process, efficiency requires the need to treat and screen as much plants as possible. However, a bottleneck occurs due to the time spent on field screening. The present methods of field screening are also susceptible to site conditions

and involve considerable resources: large numbers of technicians, hours of work, fertilizer, logistic support and high cost.

2. SOMATIC EMBRYOGENESIS

In order to screen efficiently for characters such as disease resistance, the availability of an efficient method to overcome chimerism after mutagenic treatment or genetic transformation is essential (Roux *et al.* 2001). Considering this, somatic embryogenesis is the most promising method since somatic embryos are assumed to be of single cell origin (Halperin, 1966). In some species, histological studies confirmed the single cell origin of somatic embryos. They develop either directly from an explant or as secondary embryos at the surface of older somatic embryos (Litz and Gray, 1992).

2.1 Mutagenic treatment of embryogenic cell suspension cultures (ECS)

2.1.1 Determination of the optimal timing for irradiation

The time at which the cells are irradiated is very critical. The growth of suspension cultures is usually divided into 3 phases: the lag phase, the exponential phase and the stationary phase. It is usually recommended to irradiate cells in the exponential (active growing) phase to increase the chance to recover higher numbers of mutants (Broetjes, 1997). Nevertheless the growth curves

obtained after measuring the settled cell volume of *Musa* accessions were rather linear than sigmoidal. Thus, the settled cell volume did not seem to be a suitable parameter for the determination of the optimal timing for irradiation.

Cell growth and division is a cyclical process. With flow cytometry, it is possible to study the proportion of cells in G_1 and G_2 phases of the cell cycle since the nuclear DNA content in G_2 is twice of the one in the G_1 phase. Cycling cells transit through the G_2 phase whereas non-cycling cells usually remain in G_1 ($G_{0/1}$). Because the effect of a specific mutagen on chromosomes depends on the position of a cell within the cell cycle at the time of exposure, it is important to study the cell cycle of embryogenic cell suspensions (Dolezel, 1997). Therefore we analyzed the proportion of G_2 and G_1 cells from four accessions (Figure 1). Peaks indicated waves of mitotic activity, i.e. a certain degree of cell cycle synchrony. A similar mitotic activity was described by Panis (1995), by measuring the mitochondrial activity with the 2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride reduction test, during the culture of embryogenic banana cell suspensions. The highest proportion of cells in G_2 phase was observed 8 days after subculture for

Williams and the two Three Hand Planty accessions and 6 days for Bluggoe. Chromosome-type aberrations (involving both chromatids) are produced by ionizing radiation in G_1 phase of the cell cycle. During the S phase, the lesions are transmitted to both chromatids and observed during metaphase or anaphase of the succeeding mitosis (Dolezel, 1997). According to Figure 1, the majority of cells are in the G_1 phase during the first 3 days after subculture. Interestingly, the efficiency of biolistic transformation of ECS is highest during the first 3-4 days of culture (Swennen, personal communication). We thus consider 3 days after subculture the optimal moment for mutagenic treatment.

2.1.2. Determination of the optimal mutagenic dose

Two cell lines of the varieties Williams (AAA) and Three Hand Planty (AAB) were sieved using a 1000- μ m pore size mesh to obtain a fine suspension. The ECS were then subcultured in maintenance medium (containing 2,4D and Zeatin). Three days after subculture 0.5 ml of cells were transferred to a sterile Petri dish and the medium was removed. The cell aggregates were

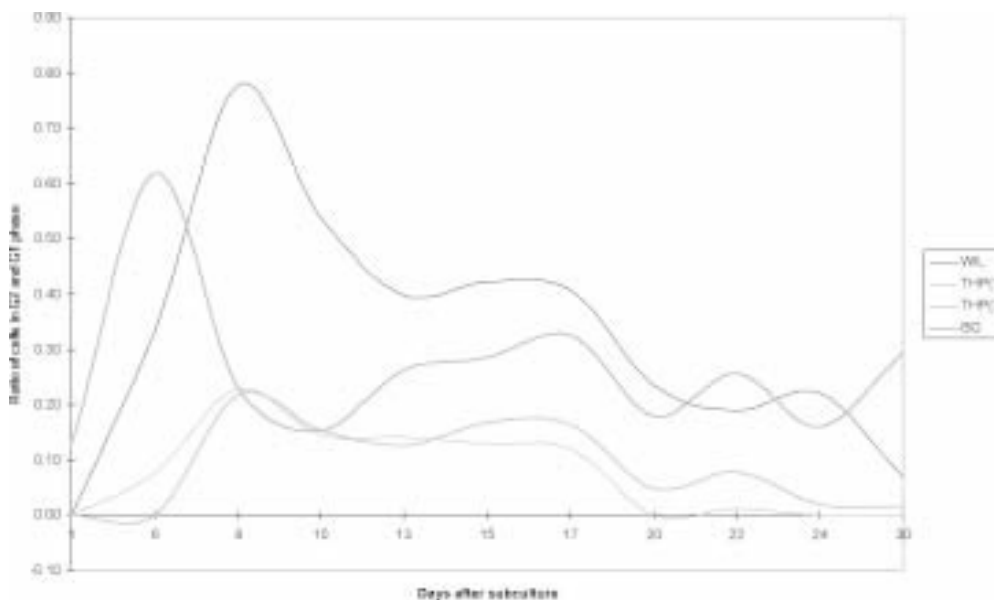


Figure 1: Changes in cell cycle distribution during culture of embryogenic cell suspensions of 4 cell lines of cultivars Williams (WIL), Three Hand Planty (THP) and Bluggoe (BG). The curves were obtained by measuring the ratio of cells in G_2 and G_1 phase of the cell cycle during 30 days without refreshing the medium. The G_2/G_1 ratio was measured for five 100ml Erlenmeyer flasks per cell line. The lines represent the mean.

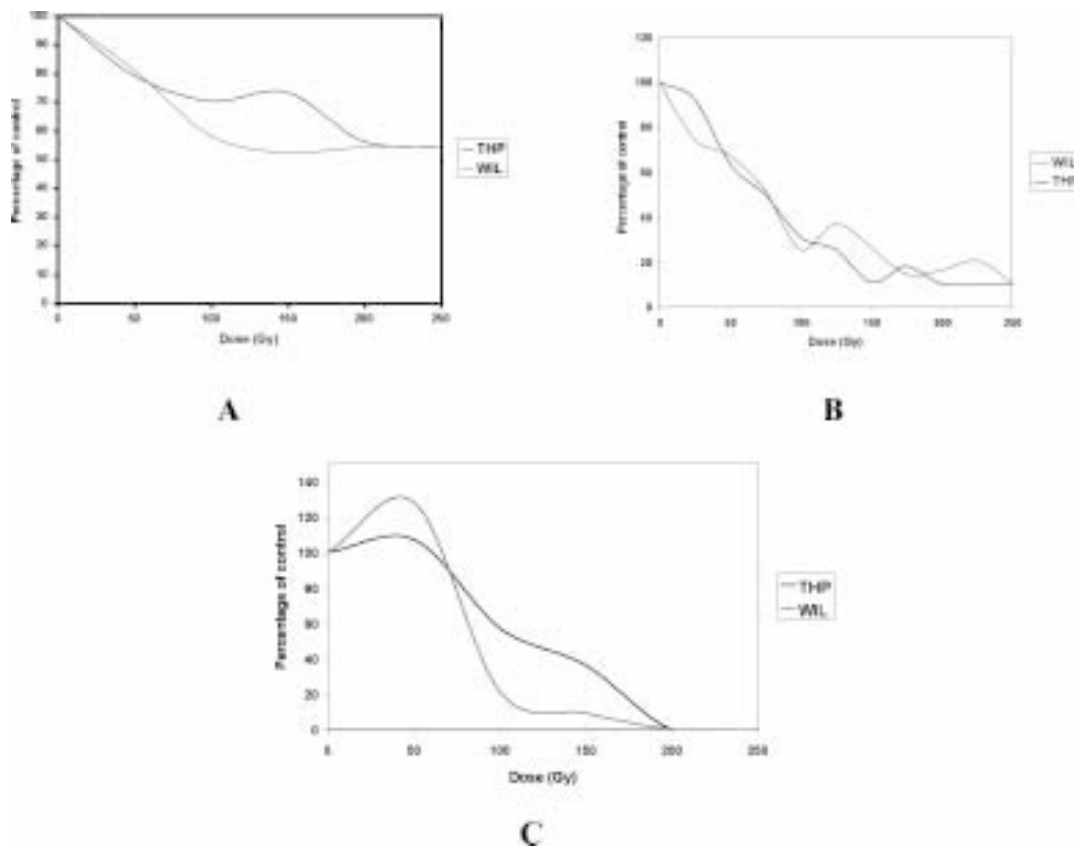
then irradiated at doses ranging from 0 to 250 Gy with 25 Gy intervals using a ^{60}Co gamma source at a dose rate of 30 Gy/min. After irradiation, the cells were resuspended into fresh medium in centrifuge tubes and transferred to 100ml Erlenmeyer flasks at different quantities according the parameter to be analyzed. The effect of gamma radiation on the growth of ECS was studied by evaluating: (1) the settled cell volume (SCV), (2) the fresh weight gain and (3) the regeneration capacity. The results were expressed in percentage of the control (none irradiated cells) at all doses (Figure2).

(1) The SCV was calculated every week. Clearest results were obtained after 21 days (Figure 2A). Based on SCV, the radiosensitivity curves, were quite similar for Three Hand Planty and Williams.

This would indicate that the response was not genotype dependent. Surprisingly Figure 2A shows that even at a relatively high dose of 250Gy ($\text{SCV}_{250}=7.8\%$), cells have a settled cell volume corresponding to nearly 50% of the control ($\text{SCV}_0=14.3\%$). At doses over 100 Gy cells looked brownish but were still able to divide.

(2) The fresh weight gain after irradiation was determined by adjusting the settle cell volume to 10 % prior to distribute 0.5 ml of the homogenized suspension on a moistened filter paper saturated with the regeneration medium. The optimal moment to observe the effect of gamma radiation on fresh weight started at 28 days after irradiation (Figure 2B). The two radiosensitivity curves for the two varieties Williams and Three Hand Planty are

Figure 2: Effect of increasing doses of gamma radiation on three parameters: (A) settled cell volume (SCV) 21 days after irradiation, (B) fresh weight gain 28 days after irradiation and (C) regeneration capacity at 60 to 90 days after irradiation. All parameters were expressed in percentage of the control (non-irradiated ECS). Cell suspension cultures of the cultivars Williams (WIL) and Three Hand Planty (THP) were used.



quite similar. After 28 days, at 75 Gy, the cells weight gain ($CWG_{75}=0.84g$) was 50% of the control ($CWG_0=1.68g$). The effect of gamma radiation seems thus to be stronger on the fresh weight gain than on the settled cell volume.

(3) The regeneration capacity can be calculated by counting the number of regenerating green plantlets after transfers of embryo clusters to three successive regeneration media. The radiosensitivity curve was obtained by comparing the number of regenerated plantlets for each dose with the control plants (from none irradiated ECS) (Figure 2C). Radiation at a low level seems to stimulate the regeneration capacity especially in Williams. In both genotypes no plants regenerated above 200Gy. The number of regenerated plants drops drastically above 50 Gy for the variety Williams whereas for Three Hand Planty the number of regenerated plantlets decreases less dramatically.

2.2. Chimerism dissociation using embryogenic cell suspension cultures

Grabin *et al.* (1998) stipulated from cytological studies on somatic embryo ontogenesis in *Musa* that a unicellular origin was more than likely. However such studies can only be performed on few somatic embryos and thus the extrapolation of these findings to a large number of somatic embryos is risky. Colchicine treatment and ploidy analysis with flow cytometry used by Roux *et al.* (2001) to monitor the efficiency of 3 different micropropagation techniques in dissociating chimeras was applied to verify the unicellular origin of somatic embryos from ECS. After treating cell suspensions with colchicine, the embryos were subsequently transferred on regeneration medium in test tubes. As soon as green plantlets with shoot and roots were obtained, 0.5 cm² sized leaves pieces were excised and their ploidy measured

through flow cytometry before acclimatization (Table 2).

The majority of the plants regenerated were triploid. Among the treated cells, the proportion of regenerated hexaploid plants (5.3%) remained very low compared to triploid plants. Hence we speculate that triploid cells have a comparative advantage over induced hexaploid cells during culture. In contrast to shoot-tip cultures that were treated with colchicine (Roux *et al.*, 2001), no mixoploids among the regenerated plants were observed, which confirms the single cell origin of embryos. Thus embryogenic cell suspensions seem to be the material of choice for mutation induction.

3. ESTABLISHMENT OF AN EARLY MASS SCREENING METHOD FOR BLACK SIGATOKA TOLERANCE

Genetic variability is a prerequisite before selecting for disease resistance. A technique that can reliably identify resistant plants is then adopted to screen the populations (Lepoivre *et al.*, 1993). The Plant Pathology Unit of the Faculte Universitaire des Sciences Agronomique de Gembloux (FUSAGx) developed a rapid and early screening protocol for tolerance to Black Sigatoka disease in banana and plantain. The method is based on the infiltration of Juglone (5-Hydroxy-1,4-naphthoquinone), a toxic metabolite of *Mycosphaerella fijiensis*. After developing different bioassays, it was concluded that slow lesion development in cultivars exhibiting a partial resistance to black Sigatoka can be correlated to lower sensitivity to *M. fijiensis* toxins (Lepoivre, 1995). The toxin is probably not involved in the initiation of the infection but could serve as a secondary determinant of the pathogenecity, contributing to the lesion expansion in cultivars exhibiting partial resistance to Black Leaf Streak

Table 2. Ploidy distribution of regenerated plants from colchicine-treated embryogenic cell suspension cultures of the triploid cell line WIL-124T

Cell Line	Colchicine concentration (%)	Regenerated plants	3x	6x	Mixoploidy (3x+6x)
WIL-124T	0	108	108	0	0
	0.05	63	58	5	0
	0.1	37	36	1	0
	0.2	88	84	4	0
TOTAL		296	286	10	0

disease (Harelimana et al., 1997). The prospect of utilizing plant tissue cultures as a mean in generating and identifying novel genetic variants is one that has sparked the interest of researchers for many years (Dix, 1999). Nevertheless in *Musa*, *in vitro* heterotrophic tissues would not be suitable target to perform the screening with such toxin (Harelimana et al., 1997). Our first goal was thus, under greenhouse conditions, to determine the lowest concentration of Juglone which enables the differentiation between the susceptible cultivar "Grande Naine" and the partial resistant cultivar "Fougamou". After performing 10 assays with 4 to 8 repeats we concluded that 25 ppm was the most suitable concentration of Juglone to distinguish between a partial resistant and a susceptible plants. This dose was thus further used to screen the plants regenerated from irradiated shoot tips.

Four batches (100 meristems/batch) of the variety "Grande Naine" were irradiated at 35 Gy and further propagated during 4 subcultures. The plants were then acclimatized in the greenhouse. The early mass screening method can be divided in three steps:

1. **Plant preparation:** The acclimatized plants which reached the 6 leaves stage are maintained at 90 to 100% of relative humidity for 48 hours to open the stomates.
2. **Infiltration:** The second open leaf of each plant was infiltrated on the reverse side with three infiltrations: Juglone (25 ppm), crude extract (500 ppm) and 10% methanol (control). The amount of each infiltration was 20µl.
3. **Necrose observation:** 48 hours after infiltration, the plants were observed for necroses and

compared with control plants (none irradiated Grande Naine = positive control; none irradiated Fougamou = negative control).

To date, from a total of 3.728 Grande Naine plants screened, 15 putative mutants (0.4%) were selected for their tolerance to 25 ppm of juglone (Table 3).

As shown in Table 3, the two first batches were propagated by shoot tip culture and the two second batches were propagated by the multi-apexing technique which showed to dissociate more efficiently chimeras. Among the young banana plants selected for their tolerance to juglone, some were showing an increased content of anthocyanin (Figure 3).

Even though we may not have obtained genes responsible for the resistance to black Sigatoka directly, genes responsible in anthocyanin biosynthesis may have been activated and are indirectly responsible for tolerance to black Sigatoka. Recently, Atanassova et al. (2001) studied the effect of mutations affecting anthocyanin biosynthesis on tomato and pepper development under stress conditions. They found four genes, which exercised a kind of universal effect on tomato and pepper germination capacities as they increased the germination potential of the individual accession under a relatively large scale of stresses different in nature. Thus the establishment of morphological marker correlated with tolerance to stress even at one plant growth stage, could be useful. The pre-selected plants and their suckers were transferred to the FUSAGx for further screening by inoculation under control conditions.

Table 3: Inventory of irradiated meristems from the cultivar Grande Naine, multiplied, regenerated into plants, screened and retained for their partial resistance to 25ppm of juglone.

Batches	Irradiated Meristems	No. of shoots in M_1V_1	No. of plants screened in M_1V_4	No. of plants retained
A(ST)	100	142	780	8
B(ST)	100	105	512	0
C(MA)	100	110	1.351	4
D(MA)	100	140	1.085	3
TOTAL	400	497	3.728	15

ST: propagated by shoot tip culture; M_x : Mutagenic treatment; V_x : Vegetative generation
MA: propagated by the multi-apexing culture technique (Roux et al., 2001)

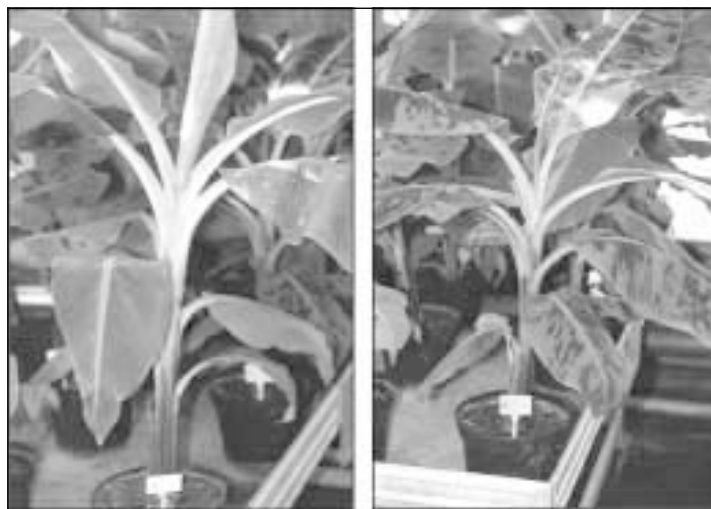


Figure 3: Regenerated plants from irradiated shoot tips of the cultivar Grande Naine
A: Susceptible to 25 ppm of juglone; B: Putative mutant, tolerant to 25 ppm of juglone.

Conclusion and future research

Over the last five years, considerable efforts have been assembled to speed up the *in vitro* mutagenesis process and make it more efficient. Mutation induction techniques as well as any other genetic improvement strategy will benefit from the use of embryogenic cell suspensions and the establishment of early mass screening techniques. Tolerance to *Mycosphaerella fijiensis* obtained after mutagenic treatment still needs to be confirmed under field conditions and may not have the adequate agronomic characters but such mutant would be very useful for genetic studies and may help in discovering genes responsible for resistance or susceptibility.

Mutation induction should no longer be seen as an independent genetic improvement strategy but more as a tool which can contribute to functional genomics and genetic improvement programmes based on cross breeding or genetic transformation.

For example a disease resistant mutant from a diploid *Musa*, could not only be used as a parent line in cross breeding programmes but also help in understanding the mechanism of resistance (functional genomics) and permit the isolation of genes to be used for genetic transformation.

REFERENCES

- Atanassova B., S. Daskalov, L. Shtereva & E. Balatcheva. 2001. Anthocyanin mutations improving tomato and pepper tolerance to adverse climatic conditions. *Euphytica* 120: 357-365.
- Broetjes, C. 1977. Induced mutant techniques in breeding asexually propagated plants in: *Manual on mutation breeding*, IAEA Vienna, Technical reports series No. 119: 159-168.
- Buddenhagen I.W. 1987. Disease susceptibility and genetics in relation to breeding of bananas and plantains. Pp. 95-109 in *Banana and Plantain Breeding Strategies* (Persley G.J. & E.A. De Langhe, eds.). ACIAR Proceedings 21, Canberra, Australia.
- Dix P.J. 1999. Mutagenesis and the selection of resistant mutants. Pp. 309-318 in *Methods in Molecular Biology*, Vol 111: *Plant Cell Culture Protocols* (Hall R.D. ed.). Humana Press Inc., Totowa, N.J.
- Dolezel J., Lysak M. A., Van den houwe, I., Dolezelova M., and Roux N. 1997. Use of flow cytometry for rapid ploidy determination in *Musa* species. *InfoMusa-Vol* 6(1): 6-9
- Grapin A., J.L Ortiz, R. Domergue, J. Babeau, S. Monmarson, J.V. Escalant, C. Teisson & F. Côte. 1998. Establishment of embryogenic callus and initiation and regeneration of embryogenic cell suspensions from female and male immature flowers of *Musa*. *InfoMusa* 7(1): 13-15.
- Halperin W. 1966. Alternative morphogenetic events in cell suspensions. *American Journal of Botany* 53: 443-453.
- Harelimana G., P. Lepoivre, H. Jijakli & X. Mourichon. 1997. Use of *Mycosphaerella fijiensis* toxins for the selection of banana cultivars resistant to Black Leaf Steak. *Euphytica* 96: 125-128.
- Lepoivre P., C.P. Acuna & A.S. Riveros. 1993. Screening procedures for improving resistance to banana black leaf

- streak disease. Pp. 213-220 *in* Breeding banana and Plantain for resistance to Diseases and Pests (J. Ganry, ed.). CIRAD in collaboration with INIBAP, Montpellier, France.
- Lepoivre, P. 1995. Development of screening procedures for resistance to black leaf streak disease in banana and plantain. End of mission report, IAEA, Vienna
- Litz R.E. & Gray D.J. 1992. Organogenesis and Somatic Embryogenesis. Pp. 3-34 *in* Biotechnology of perennial Fruit Crops (Hammerschlag F.A. & Litz R.E. eds.). CAB International, Wallingford, Oxon. U.K.
- Mourichon X., J. Carlier & E. Fouré. 1997. "Les cercosporioses". Musa Disease Fact Sheet n°8, INIBAP, Montpellier, France.
- Novak F.J., R. Afza, M. van Duren & M.S. Omar. 1990. Mutation induction by gamma irradiation of *in vitro* cultured shoot-tips of banana and plantain (*Musa* cvs). Tropical Agriculture (Trinidad) 67(1): 21-28.
- Panis, B. 1995. Cryopreservation of banana (*Musa* spp.) germplasm. Ph.D. Thesis, K.U.Leuven, Belgium, (1995) 201 pp.
- Persley G.J. & P. George. 1999. Commodity Advances through Banana Improvement Research, 1994-1998. Environmentally and socially sustainable development, agricultural research and extension group series, The World Bank, Washington, D.C.
- Ploetz R.C. 1994. Panama disease: Return of the first banana menace. International Journal of Pest Management 40: 326-336.
- Risede J.M. & H. Tezenas du Montcel. 1997. Banana monocultures and environmental protection: assessment and perspectives. Fruits 52(4): 225-232.
- Roux N. 1997. Improved methods to increase diversity in *Musa* using mutation and tissue culture techniques. Pp. 49-56 *in* Report of the second Research Co-ordination Meeting of FAO/IAEA/BADC Co-ordinated Research Project, Kuala Lumpur. IAEA, Vienna, Austria.
- Roux N.S., J. Dolezel, R. Swennen & F.J. Zapata-Arias. 2001. Effectiveness of three micropropagation techniques to dissociate cytochimera in *Musa* sp. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 66: 189-197.
- Sharrock S. & E. Frison. 1999. Musa production around the world - trends, varieties and regional importance. Pp. 42-47 *in* INIBAP Annual Report 1998, focus paper 2, INIBAP, Montpellier, France.
- Swennen, R., G. Arinaitwe, Cammue, B., I. Francois, B. Panis, S. Remy, L. Sagi, E. Santos, H. Strosse & I. Van den houwe. 2002. Transgenic approaches for resistance to leaf spot diseases in banana (*Musa* spp.) *in* Abstracts of the 2nd International workshop on *Mycosphaerella* leaf spot diseases of bananas, INIBAP.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to thank the Laboratory of Tropical Crop Improvement, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium and The Plant Pathology Unit of the Faculte Universitaire des Sciences Agronomique de Gembloux (FUSAGx), Belgium for providing embryogenic cell suspensions and the transfer of technology for selecting for black Sigatoka tolerant plants using toxins. This work was supported by a Joint FAO/IAEA/GDIC (Belgian General Direction for International Cooperation) Coordinated Research Project. The study was undertaken as part of the Global Programme for *Musa* Improvement (PROMUSA).

Situación de la Sigatoka negra en Costa Rica y opciones para el manejo de la enfermedad

Current situation of Black Sigatoka disease in Costa Rica and options for the disease management

Mauricio Guzmán*

Resumen

El elevado régimen de lluvias y el clima cálido de Costa Rica, favorecen notablemente el desarrollo de la Sigatoka negra, la cual ejerce una constante presión sobre las plantaciones de banano y plátano, altamente susceptibles al patógeno. El control de la enfermedad se ha dificultado notablemente durante los últimos tres años (2000-2002) debido en parte, al desarrollo de resistencia por el patógeno a los fungicidas estrobilurinas y al incremento en la frecuencia e intensidad de las lluvias. Lo anterior obliga a la búsqueda constante de nuevas opciones de control y a la innovación en las estrategias de combate. Nuevas moléculas fungicidas como el pyrimethanil, pyraclostrobin y epoxiconazole, han mostrado potencial para el combate de la enfermedad, aunque los dos últimos podrían sufrir el efecto negativo del desarrollo de resistencia a compuestos similares. Los inductores de resistencia, a excepción del acibenzolar-s-metil, no han mostrado buen efecto. Los peróxidos de hidrógeno y las sales de fósforo, así como las alternativas biológicas como *Bacillus subtilis* y los productos de origen natural, como los extractos de plantas, han dado pocos resultados. Los métodos para el seguimiento de la enfermedad se han refinado e intensificado, con la finalidad de detectar con prontitud incrementos en el progreso de la misma.

Abstract

The high precipitation regime and warm climate of Costa Rica notably favor black Sigatoka development, posing a constant pressure on plantains and banana plantations, highly susceptible to the pathogen. The control of the disease has been very difficult in last three years, due in part, at strobilurins resistant development in the pathogen and increasing in the frequency and intensity of rain. This fact forces a constant search for new control options and control strategies innovations. New fungicide molecules as pyrimethanil, pyraclostrobin and epoxiconazole have shown potential to control this disease, however pyraclostrobin and epoxiconazole, can be affected by the development of resistance to other compounds with the same mode of action. Resistance inductors, with the exception of acibenzolar-s-methyl, have not shown good results. Hydrogen peroxides and phosphorus salts, biologic alternatives as *Bacillus subtilis* and natural origin products such as plant extracts, have shown few results. Disease assessment methods have been refined and intensified to achieve an early detection of any increase in disease progress.

I

INTRODUCCIÓN

La Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) fue observada por primera vez en Fiji en 1963 y desde un inicio fue calificada como una destructiva enfermedad del follaje de las musáceas (Rhodes, 1964, Meredith, 1970). Con el paso del tiempo, esta enfermedad se ha constituido en la principal limitante para la producción de bananos y plátanos, en la mayoría de países del mundo

donde estas plantas son cultivadas (Stover, 1972, Marín y Romero, 1992, Carlier *et al.*, 2000).

En las variedades susceptibles, si la Sigatoka negra no se combate, puede causar una disminución en el peso de los racimos de hasta un 40 % (Marín *et al.*, 1992, Guzmán y Romero, 1997b, Carlier *et al.*, 2000) y provocar hasta un 100% de pérdidas debido al deterioro en la calidad del producto. Además, si su combate es deficiente, los

* Dirección de Investigaciones, Corporación Bananera Nacional (CORBANA S.A.). Apdo. 390-7210, Guápiles, Costa Rica, Tel. (506) 763-3176, Fax (506) 763-3055, E-mail: mguzman@corbana.co.cr

frutos pueden madurar prematuramente, siendo este un serio inconveniente para el manejo poscosecha con fines de exportación (Marín y Romero, 1992).

En Costa Rica, la enfermedad se detectó en 1979, afectando las plantaciones de plátano (*Musa* AAB, cv. 'Falso cuerno') de la zona norte del país, cerca de la frontera con Nicaragua (Jaramillo, 1979, Gonzalez y Jaramillo, 1979), en donde causó severas pérdidas y obligó a los agricultores a desarrollar otras alternativas de producción. Poco tiempo después, la enfermedad apareció en las plantaciones bananeras de la vertiente del caribe, coexistiendo con Sigatoka amarilla (*M. musicola*), a la cual desplazó paulatinamente (González, 1987), iniciando un ciclo de severas epifitias que han obligado a un estricto acatamiento de medidas preventivas y al desarrollo de estrategias de control para mantener la sanidad de las plantaciones.

En las plantaciones bananeras el manejo de la enfermedad se basa en una combinación de prácticas culturales, medidas fitosanitarias y en la aplicación de fungicidas. Durante los últimos años, el control de la enfermedad se ha dificultado notablemente, debido principalmente al desarrollo de resistencia por el patógeno a los fungicidas sistémicos (Guzmán y Romero, 1997), como benzimi-

dazoles y triazoles (Romero y Sutton, 1997 y 1998).

En el presente artículo se analiza el comportamiento de la enfermedad en los últimos años, su relación con el desarrollo de resistencia a fungicidas y factores climáticos y se describen resultados obtenidos con diferentes opciones para el manejo de la Sigatoka negra, como nuevos compuestos fungicidas e inductores de resistencia.

COMPORTAMIENTO DE LA ENFERMEDAD

En la vertiente del caribe de Costa Rica, donde se localizan las plantaciones de banano y plátano para la exportación, las condiciones climáticas son sumamente favorables para el desarrollo de la Sigatoka negra. La temperatura no se considera un factor limitante, pues casi siempre se mantiene en rangos óptimos para el patógeno (24-28 °C promedio diario). El factor que más influye en el comportamiento de la enfermedad es la precipitación, ya que a pesar de que llueve durante todo el año, existen períodos de mayor intensidad, durante los cuales las tasas de desarrollo y reproducción del hongo se ven muy favorecidas. Es así que la Sigatoka negra en Costa Rica mantiene una curva de progreso íntimamente relacionada con la frecuencia e intensidad de las lluvias (Fig. 1).

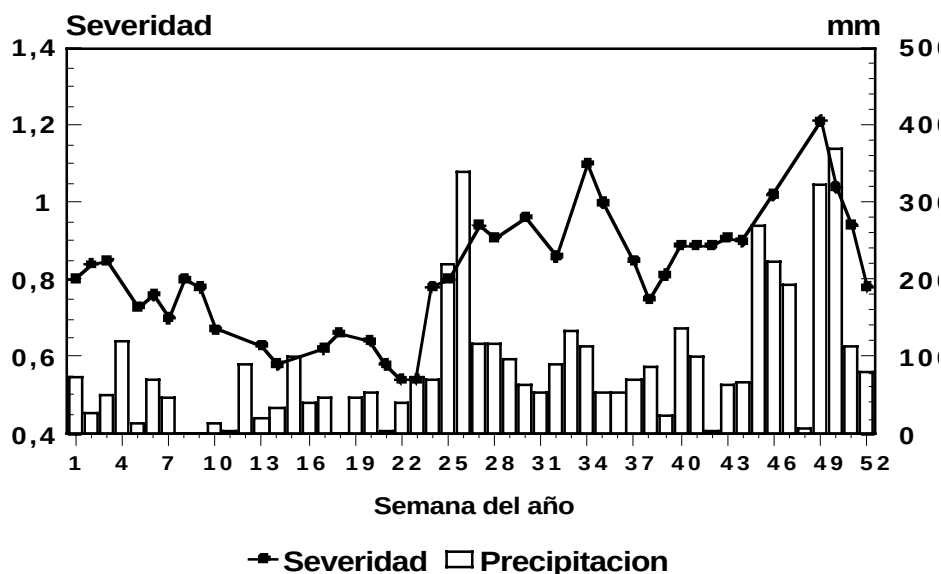


Figura 1. Severidad de la Sigatoka negra a la floración de las plantas, en una zona de producción de banano (*Musa* AAA, cv. 'Gran enano') en Costa Rica y su relación con la precipitación.

IMPACTO DE LA ENFERMEDAD EN LOS ÚLTIMOS AÑOS

El manejo de la Sigatoka negra en Costa Rica ha sido sumamente difícil en los últimos tres años (2000-2002) lo que se ha reflejado en una disminución gradual del número de hojas a la cosecha de las plantas. Como se muestra en la figura 2, se ha pasado de cosechar con 9-10 hojas durante 1997-1999 a 5-7 hojas del 2000 al 2002. En la misma figura se aprecia que fue a partir del año 2000 en que la pérdida de follaje por la enfermedad comenzó a manifestarse, acentuándose en los últimos dos años.

Varias razones se podrían esgrimir como posibles contribuyentes al deterioro en el control de la enfermedad. Uno de los más importantes de analizar es el desarrollo de resistencia a fungicidas, no obstante, los monitoreos de sensibilidad no reflejan un aumento en la resistencia a los principales compuestos conocidos (propiconazole, tridemorph y benomil). Por el contrario, esta se ha mantenido estable o ha mostrado tendencias a mejorar en los últimos años (Fig. 3).

Sin embargo, a inicios del 2000 si se registraron los primeros indicios de pérdida de sensibilidad al fungicida azoxistrobina, un compuesto sumamente eficaz contra el patógeno, que se comenzó a utilizar a mediados del año 1997 y contribuyó sustancialmente al control de la enfermedad durante los años subsiguientes (Guzmán y Romero, 1997a). La resistencia de *M. fijiensis* a las estrobilurinas en Costa Rica fue reconocida y analizada en una reunión local específica del Comité de Acción contra la Resistencia a Fungicidas en Banano (FRAC, por sus siglas en inglés) en agosto de 2000. Posteriormente Chin *et al* (2001) informaron de la presencia de la mutación

G143A en el citocromo b en aislamientos de *M. fijiensis* en Costa Rica, dicha mutación ha sido reconocida como la causa de altos niveles de resistencia estrobilurinas en diversos patógenos (Sierotzki *et al*, 2000).

A pesar de que la aparición de la resistencia a las estrobilurinas, podría explicar en parte el aumento en la infección por la Sigatoka negra en las plantaciones de banano de Costa Rica, también se

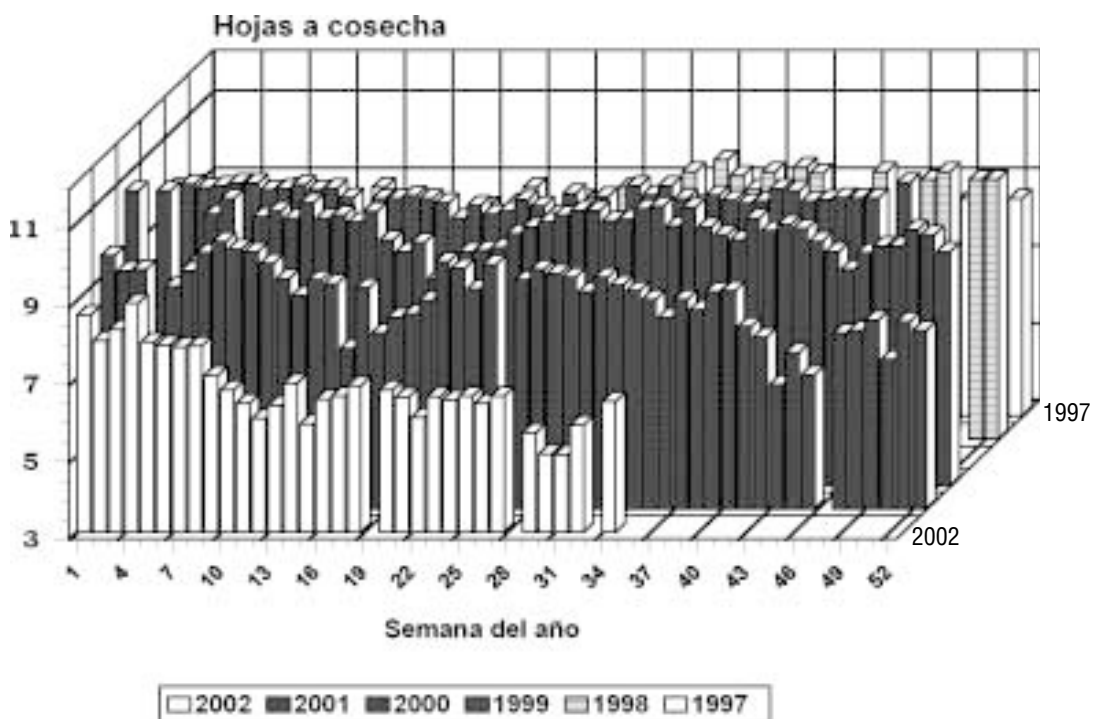
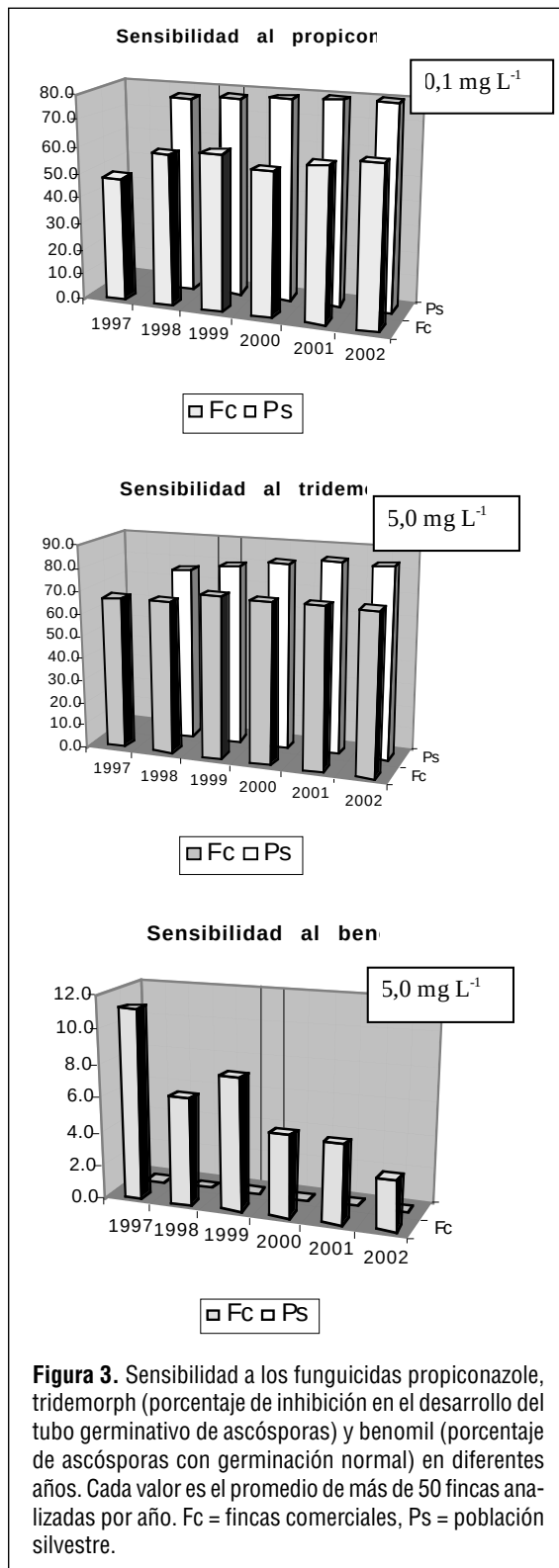


Figura 2. Hojas a cosecha (12 semanas después de la floración) en plantas de banano (*Musa* AAA, cv. 'Gran enano') en una zona de producción de Costa Rica, durante los últimos seis años.



debe señalar que en los últimos tres años (2000-2002) la precipitación ha sido considerablemente mayor, con un comportamiento en algunos casos anormal. Por ejemplo, la frecuencia y cantidad de lluvia se ha incrementado en los meses usualmente menos lluviosos como febrero, marzo, abril y mayo. Específicamente en mayo de 2002, la precipitación alcanzó la cifra record de casi 1.200 mm (Fig. 4).

Es bien conocido que una mayor frecuencia e intensidad de las lluvias es un factor determinante en el desarrollo de la enfermedad, pues una cierta cantidad de lluvia es requerida para iniciar la liberación de ascósporas desde los pseudotecios (Stover, 1972, Thal, *et al*, 1992). Además, lluvia o rocío es requerido para liberar los conidios de los conidióforos que emergen de los estomas (Lhomme y Jiménez, 1992, Jácome y Schuh, 1992, Meredith y Lawrence, 1969). Las esporas (conidios y ascósporas) depositadas sobre la superficie de las hojas, necesitan la presencia de una delgada capa de agua libre para germinar e infectar el hospedero (Jácome y Schuh, 1992). Por otro lado, bajo condiciones de alta mojadura foliar el período de incubación y de latencia del hongo se acortan marcadamente, dando origen a una rápida destrucción del tejido foliar.

Se debe aunar a lo anterior, que en los periodos de altas precipitaciones, las aplicaciones de fungicidas, aunque se hagan con el mayor control de calidad posible, están muy expuestas a ser afectadas por lluvias repentinas, poco tiempo después de finalizadas las mismas. Esto es aún más limitante para los fungicidas protectores, que se mantienen sobre la superficie de la hoja. En estas circunstancias la eficacia de las aplicaciones puede ser disminuida notablemente.

No se debe dejar de lado, como factor de predisposición, el impacto de la crisis en el mercado bananero, que ha mermado las posibilidades de inversión en labores culturales y de infraestructura, como los drenajes, sumamente necesarios para la evacuación oportuna de los excesos de agua. También se han restringido los programas de fertilización y control de nemátodos, provocando decaimiento en la calidad de las plantaciones, ambos aspectos son muy necesarios para poder implementar estrategias de manejo integrado de la enfermedad.

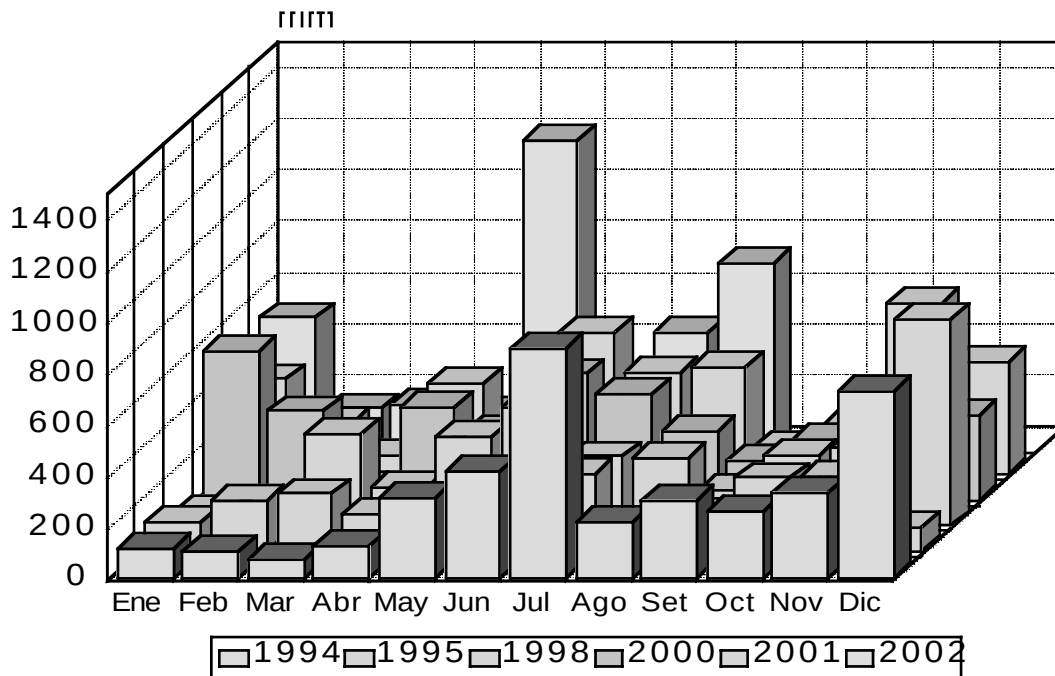


Figura 4. Precipitación mensual en diferentes años, en la región de Matina, vertiente del caribe de Costa Rica.

NUEVAS OPCIONES PARA EL COMBATE DE LA ENFERMEDAD

La fuerte presión que ha ejerce la Sigatoka negra obliga a la búsqueda constante y a la evaluación de nuevas alternativas para el combate de la enfermedad. Algunas nuevas moléculas de fungicidas han mostrado un buen nivel de eficacia biológica, como lo son el epoxiconazole (triazol, Opal™) y el pyraclostrobin (estrobilurina, Regnum™). No obstante, ambos pertenecen a grupos ya conocidos y a los cuales el patógeno ha desarrollado resistencia (Romero y Sutton, 1997, Chin *et al.*, 2001), por lo que su uso deberá ser sumamente cuidadoso. El epoxiconazole a 75 g de i.a. ha⁻¹ se ha mostrado similar o ligeramente mejor al fungicida difenoconazole a 100 g i.a. ha⁻¹, hasta ahora el triazol conocido como más activo contra el patógeno (Guzmán y Romero, 1995) (Fig. 5).

El pyraclostrobin a 100 g de i.a. ha⁻¹ ha brindado un nivel de control muy similar al azoxistrobin y trifloxistrobin. La mezcla de trifloxistrobin con morfolinás como tridemorph y fenproprimorph ha mostrado buenos resultados y podría ser una pro-

misoria mezcla para el manejo de resistencia a las estrobilurinas (Cuadro 1). Este último aspecto debe ser estudiado con más detalle.

El fungicida pyrimetanil (anilino pirimidina, Siganex, 60 SC) también ha sido evaluado contra la enfermedad y ha brindado algún grado de control, aunque apenas comparable con un fungicida protector o con el tridemorph. No obstante, podría ser una alternativa dentro de un programa normal de rotación o en mezcla con otros fungicidas, sobre todo sistémicos, ya que no presenta resistencia cruzada con los grupos conocidos (Guzmán, M., datos sin publicar).

Los inductores de resistencia siguen siendo considerados como un promisorio grupo de compuestos y el futuro del manejo de la enfermedad podría apoyarse en buena medida en el uso éstos. Sin embargo, la mayoría de compuestos han mostrado poco o ningún efecto de inducción de resistencia contra la enfermedad, como el caso de la proteína Harpin, los peróxidos de hidrógeno y las sales de fósforo.

Hasta el momento, el compuesto que más se ha destacado como inductor de resistencia, ha sido el

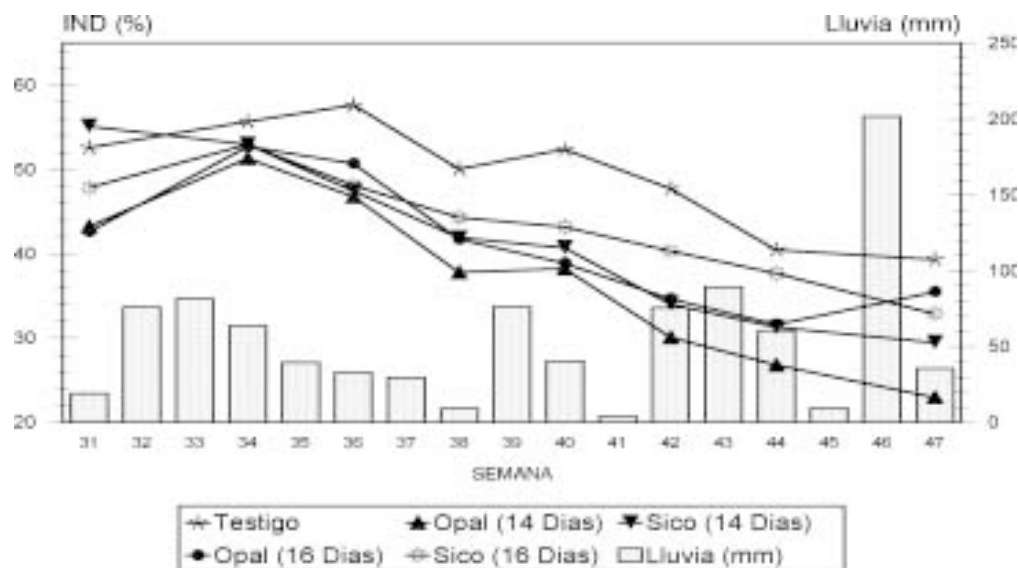


Figura 5. Comparación de la eficacia biológica de los fungicidas Opal® 7.5 CE y Sico® 25 CE a intervalos de aplicación de 14 y 16 días con 5 L ha⁻¹ de aceite agrícola. Se realizaron 6 aplicaciones consecutivas de cada tratamiento. IND = índice de infección de la Sigatoka negra.

Cuadro 1. Area bajo la curva (ABC) para las variables de infección de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en diferentes tratamientos fungicidas para el combate de la Sigatoka negra.

Tratamiento	TH	HJE	HJM	IND
Testigo no tratado	58,7 c	22,8 c	25,5 c	388,7 a
Recnum® (0,4 L ha ⁻¹)	77,9 b	31,5 ab	38,2 ab	251,0 bc
Recnum® (0,4 L ha ⁻¹) + Calixin® 86 OL (0,4 L ha ⁻¹)	80,9 ab	32,9 a	38,7 a	240,2 c
BAS 528 (1 L ha ⁻¹) (pyraclostrobin 100 g + fenproprimorh 375 g i.a. L ⁻¹)	79,8 ab	32,4 a	37,9 ab	243,3 c
Bankit® 25 SC (0,4 L ha ⁻¹)	78,1 b	30,5 b	36,8 b	255,7 b
Tega 7,5 CE (1,0 L ha ⁻¹)	83,2 a	31,8 ab	38,4 ab	259,0 b

TH= total de hojas, **HJE**= hoja más joven enferma, **HJM**= hoja más joven con mancha, **IND**= Índice de infección. Los datos son un promedio de tres repeticiones. Los valores en una misma columna seguidos por letras diferentes son estadísticamente distintos, según prueba de DMS, P=0,05. Se realizaron 8 aplicaciones de cada tratamiento a intervalos de 14 días y con 7 L ha⁻¹ de aceite agrícola.

acibenzolar-s-metil (Boost®). Con el uso de este producto, dentro de un programa de aplicaciones de fungicidas, se ha logrado mejorar el control de la enfermedad hasta en un 30 %, respecto a la aplicación de solo fungicidas (Fig. 6), además, se puede reducir significativamente la cantidad total de aceite agrícola aplicado (Madrigal *et al.*, 1998), condición que favorece al cultivo.

Los compuestos de origen natural también han

sido considerados como alternativas para el combate de la enfermedad, no obstante ser éstos una promisorio fuente de ingredientes activos y mostrar en muchos casos una fuerte actividad fungicida *in vitro*, hasta el momento no se ha formulado u obtenido un extracto que brinde una buena eficacia biológica a nivel de campo. Formulaciones comerciales de microorganismos como *Bacillus subtilis* tampoco han mostrado un buen efecto de

control, sin embargo, se debe de reconocer que es poco el esfuerzo de investigación en este campo, a pesar de que estudios previos han evidenciado potencial del control biológico como opción para el manejo integrado de la Sigatoka negra (González et al., 1996a y 1996b).

Un análisis crítico de lo descrito en los párrafos anteriores, pone en evidencia la reducida cantidad de nuevas opciones para el combate de la Sigatoka negra y recalca la necesidad de más investigación en las estrategias de manejo de resistencia a los fungicidas sistémicos, pues en países como Costa Rica, actualmente la base de los programas de combate son los fungicidas protectores, los cuales ven muy limitada su eficacia en periodos de alta precipitación.

EVALUACIONES DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD

El seguimiento al progreso de la enfermedad en el tiempo, es un factor de vital importancia para el manejo de la Sigatoka negra, ya que por el carácter policíclico de la enfermedad, las variaciones climáticas y la condición perenne de las plantaciones, el desarrollo abrupto de epífitas es una amenaza constante.

En Costa Rica, se ha pasado de realizar evaluaciones cada dos o tres semanas a evaluaciones semanales. Generalmente se consideran tres o más

edades de plantas (ejm., plantas jóvenes, recién florecidas y próximas a cosechar). Se consideran variables como total de hojas por planta, hoja más joven enferma, hoja más joven con mancha, severidad de la enfermedad y evolución de la enfermedad en las hojas más nuevas de plantas jóvenes. Según sea el caso, estas variables funcionan como indicadores de la efectividad del programa de aplicaciones realizado y también como una valiosa herramienta para la toma de decisiones en el programa de aplicaciones.

Basados en estudios previos realizados por Marín y Corrales (1992) y en modificaciones y adaptaciones realizadas por Guzmán, M., (sin publicar) el método de preaviso biológico Francés (Ganry y Meyer, 1972, Ganry y Laville, 1983) se ha simplificado y adaptado para su uso en grandes plantaciones, con resultados muy satisfactorios. La evolución de la infección en la hoja 3 de plantas jóvenes, conocida como Suma Bruta en la hoja 3, se ha convertido en una medida rápida y confiable para la toma de decisiones en el manejo de la enfermedad (Fig. 7). Los umbrales son manejados y establecidos en una forma bastante específica, según las condiciones de cada finca o región y la experiencia generada por los profesionales que están al frente de los programas.

En la figura 7 se muestra un ejemplo real de la evolución de la infección en la hoja 3 en una fin-

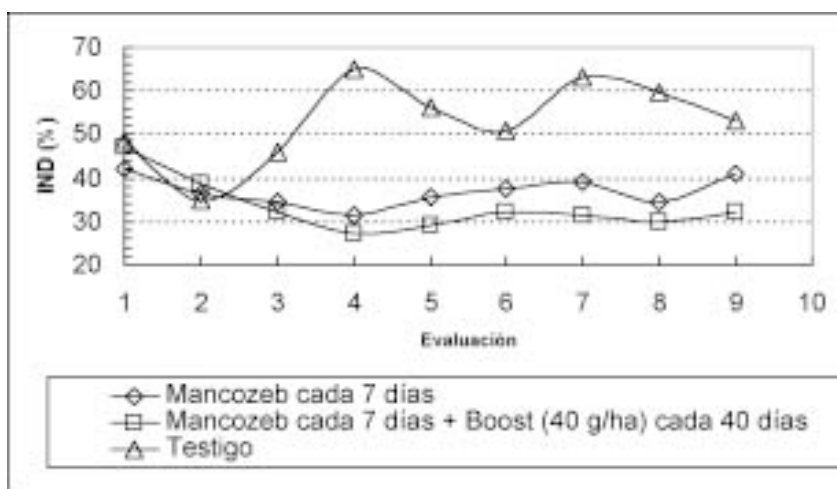


Figura 6. Eficacia del acibenzolar-s-metil (Boost™) como inductor de resistencia contra la Sigatoka negra en banano. Las evaluaciones fueron hechas cada dos semanas, IND = índice de infección por la enfermedad. Las aplicaciones se hicieron en todos los casos con 5 L ha⁻¹ o menos de aceite agrícola.

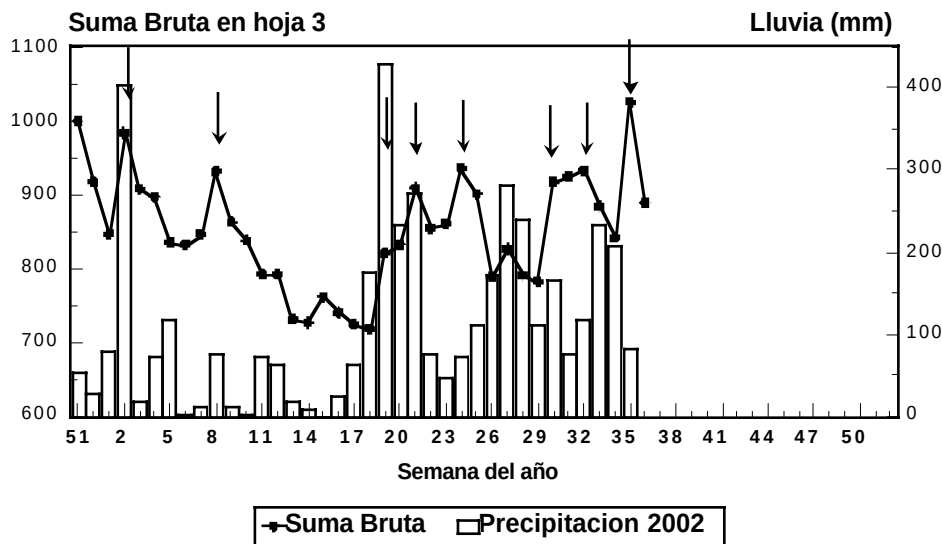


Figura 7. Comportamiento de la variable Suma Bruta en la hoja 3 como un indicador temprano de la infección por la Sigatoka negra en una plantación de banano de la vertiente del caribe de Costa Rica. Las flechas indican momentos claves para la toma de decisiones en el programa de combate de la enfermedad.

ca comercial y las flechas indican posibles momentos claves para la toma de decisiones en el programa, que podrían evitar o reducir el deterioro en la sanidad de las plantaciones. La Suma Bruta en la hoja 3 ha correlacionado significativamente con indicadores posteriores de infección, como la hoja más joven enferma y la hoja más joven con mancha a la floración de las plantas.

LITERATURA CITADA

- Carlier, J., Foure, E., Gauhl, F., Jones, D.R., Lepoivre, P., Mourichon, X, Pasberg-Gauhl, C. and Romero, R.A. 2000. Black leaf streak. Pages 37-79, in *Diseases of Banana*, Abacá and Enset. Jones, D.R. (ed.). CAB International, Wallingford.
- Chin, K.M., Wirz, M and Lair, D. 2001. Sensitivity of *Mycosphaerella fijiensis* form banana to trifloxystrobin. *Plant Dis.* 85(12): 1264-1270.
- Corrales, O. y Marín, D.H. 1992. Modificación al sistema de preaviso biológico para el combate de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) para banano y plátano en Costa Rica. *CORBANA* 16(37): 26-28.
- Ganry, J. and Meyer, J.P. 1972. La lutte contre la Cercosporiose aux Antilles. Bases climatiques de l'avertissement. *Fruits* 27(10):665-676.
- Ganry, J. and Laville, E. 1983. Les cercosporioses du bananier et leurs traitements. Evolution des méthodes de traitement. 1. Traitements fongicides. 2. Avertissement. *Fruits* 38:3-20.
- González, M. 1987. Enfermedades del cultivo del banano. Oficina de Publicaciones de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 98 p.
- González, P. M. y Jaramillo, R. 1979. Enfermedad de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet var. *difformis* Mulder y Stover). *ASBANA* 10(3): 3-9.
- González, R., Bustamante, E., Shannon, P., Okumoto, S. and Leandro, G. 1996a. Selección de microorganismos quitinolíticos en el control de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en banano. *Manejo Integrado de Plagas* 40: 6-11.
- González, R., Bustamante, E., Shannon, P., Okumoto, S. and Leandro, G. 1996b. Evaluación de microorganismos quitinolíticos en el control de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en banano. *Manejo Integrado de Plagas* 40: 12-16.
- Guzmán, M. y Romero, R.A. 1997a. Comparación de los fungicidas azoxistrobina, propiconazole y difenoconazole en el control de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet) en banano (*Musa AAA*). *CORBANA* 22(47): 49-59.
- Guzmán, M. y Romero, R.A. 1997b. Evaluación de tres aceites agrícolas utilizados para el combate de la Sigatoka negra en el cultivo del banano. Pages 56-57, in *Corporación Bananera Nacional, Informe anual 1996*, San José, Costa Rica.
- Guzmán, M. y Romero, R.A. 1995. Evaluación de la eficacia biológica de cinco fungicidas inhibidores de la biosíntesis de ergosterol en el combate de la Sigatoka negra del banano. Páginas 40-42, in *Corporación Bananera Nacional, Informe anual 1995*. San José, Costa Rica.
- Jaramillo, R. 1979. Comentario sobre la aparición de la Sigatoka negra. *ASBANA* 3(10):2.
- Jácome, L.H. and Schuh, W. 1992. Effect of leaf wetness duration and temperature on development of black Sigatoka disease on Banana infected by *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*. *Phytopathology* 82: 515-520.
- Lhomme, J-P. and Jiménez, F.O. 1992. Estimating dew duration

- on banana and plantain leaves from standard meteorological observations. *Agricultural and Forest Meteorology* 62: 263-274.
- Madrigal, A., Ruess, A., and Staehle-Csech, U. 1998.** CGA 245704, a new plant activator to improve natural resistance of banana against black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*). Pages 266-274, in: *Proceedings of the 8th ACORBAT meeting*. Guayaquil, Ecuador, 23-27 November 1998. Arizago, L.H. (ed). CONABAN. Ecuador, pp.
- Marín, D.H., Ching, L.D. and Romero, R.A. 1992.** Efecto de la Sigatoka negra sobre la productividad del plátano. Pages 85-86, in *Corporación Bananera Nacional, Informe anual 1991*. San José, Costa Rica.
- Marín, D.H. y Corrales, O. 1992.** Sistema de preaviso simplificado para el combate de la Sigatoka negra en plátano. Pages 90-91, in *Corporación Bananera Nacional, Informe anual 1991*. San José, Costa Rica.
- Marín, D.H. y Romero, R.A. 1992.** El combate de la Sigatoka negra. Boletín No. 4, Departamento de Investigaciones, Corporación Bananera Nacional, Costa Rica. 21 p.
- Meredith, D.S. 1970.** Banana leaf spot disease (Sigatoka) caused by *Mycosphaerella musicola* Leach. *Phytopathological papers* No. 11. Commonwealth Mycological Institute, England. 147 p.
- Meredith, D.S. and Lawrence, J.S. 1969.** Black leaf streak Disease of bananas (*Mycosphaerella fijiensis*): symptoms of disease in Hawaii and notes on the conidial state of the causal fungus. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 52: 459-476.
- Rhodes, P.L. 1964.** A new banana disease in Fiji. *Comm. Phytopath. News.* 10:38-40.
- Romero, R.A. y Sutton, T.B. 1997.** Sensitivity of *Mycosphaerella fijiensis*, causal agent of black Sigatoka of banana, to propiconazole. *Phytopathology* (87): 96-100.
- Romero, R.A. y Sutton, T.B. 1998.** Characterization of benomyl resistance in *Mycosphaerella fijiensis*, cause of black Sigatoka of banana, in Costa Rica. *Plant Dis.* 82: 931-934.
- Sierotzki, H., Parisi, S., Steinfeld, U., Tenzer, I., Poirey, S and Gisi, U. 2000.** Mode of resistance to respiration inhibitors at the cytochrome bc₁ enzyme complex of *Mycosphaerella fijiensis* isolates. *Pest. Manag. Sci.* 56:833-841.
- Stover, 1972.** Banana, Plantain and Abaca Diseases. Commonwealth Agricultural Bureaux, London. 316 p.
- Thal, W.M., Sauter, H.P., Spurr, H.W. y Arroyo, T. 1992.** Factors influencing airborne ascospore counts of *Mycosphaerella fijiensis*, cause of black Sigatoka on banana. *Phytopathology* 82(10):1163 (Abs.).

Aportes al conocimiento de la *Ceramidia viridis* y propuesta de un modelo de evaluación y manejo en la zona de Urabá (Ant.)

A contribution to the knowledge of the *Ceramidia viridis* insect a testing model at Urabá's zone proposal

**Marisol León Quiroz*, Álvaro Henao Ortiz*, Carlos Hernando Pinilla Gallego*,
Fernando León González Arango***

RESUMEN

Durante los años posteriores a 2000, el Gusano Peludo de la Hoja, *Ceramidia viridis* (Lep. Ctenuchidae), se convirtió en el defoliador más importante de la zona de Urabá (Colombia), con pérdidas parciales de racimos en las fincas más afectadas, este hecho motivó a la C.I. Unibán a elaborar durante el mismo año, un estudio encaminado a establecer los diferentes aspectos que rodean los hábitos del insecto, destacándose el seguimiento al desarrollo de sus etapas, determinación por tamaño larval del consumo de área foliar, hoja a muestrear con fines de manejo, además del control biológico y natural. Cabe mencionar que cada etapa del proceso investigativo, sirvió como base para la elaboración de una expresión matemática, que establece el número crítico promedio de larvas encontradas por planta **NC: $[(A) (0.20) * 0.17] / 0.01$** , la cual a través de un monitoreo previo, puede ser empleada como criterio de manejo en los lotes afectados.

ABSTRACT

During the latest year 2000, the Hairy Caterpillar of the Leaf, *Ceramidia viridis* (Lep. Ctenuchidae), it become to do the most important insect in the Urabá Zone (Colombia), this has motivated to C.I. Uniban to elaborate during the same year a study guided to establish the different aspects that surround the habits of this insect, standing out the pursuit to the development of its different, determination for larval size of the area consumption to foliate, leaf to sampler with handling ends, besides the biological and natural control. It is necessary to mention that each stage of the investigative process served like base for the elaboration of a mathematical expression that establishes the number critical average of larvas found by plant **NC: $[(A) (0.20) * 0.17] / 0.01$** , the one which through a previous monitoreo, it can be employee as handling approach in the affected lots.

INTRODUCCIÓN

La explotación bananera en Urabá, al igual que en otros agroecosistemas del mundo, enfrenta el gran reto de buscar estrategias para la solución de problemas fitosanitarios, que consideren la necesidad de reducir al máximo la aplicación de plaguicidas, y de diseñar técnicas viables desde el punto de vista ecológico y económico, teniendo como resultado una producción sostenible capaz de ofrecer a los consumidores «la confianza respecto a la calidad y seguridad de los productos, al mismo tiempo que reducir el impacto en el ambiente».

Por esto los técnicos en Urabá y específicamente en el tema entomológico, tienen ante sí la tarea de buscar un manejo ecológico de especies que cobran cada día mayor importancia, como los defoliadores *Ceramidia viridis* y *Opsiphanes sp.* que ocupan la atención por los altos niveles de población alcanzados en los últimos años, y otras especies como el *Colaspis sp.*, los Trips (*Frankliniella parvula* y *Chaetanaphotrips orchidii*) y la cochinilla (*Pseudococcus sp*) que generan inquietud por el conflicto entre el desconocimiento de métodos integrados de manejo y las crecientes exigencias del mercado por una fruta cosmética.

* C.I. Uniban S.A., A.A.1661 Apartadó, Antioquía Colombia, Teléfono 8296717 Fax. 8296634. E-Mail: fgonzalez@uniban.com.co

En la situación específica de *Ceramidia viridis* (Lep. Ctenuchidae), no se contaba con un manejo que integrara aspectos como desarrollo larval relacionado con cantidad de área foliar consumida por larva, ni se tenía claridad sobre la metodología de muestreo analizando la presencia de control natural, ni una evaluación de dosis de insecticidas biológicos. Básicamente el control se dirigía de forma exclusiva a estados larvales y por carecer de estos conocimientos se incurría en recomendaciones de manejo inoportunas y costosas, por esto un grupo de trabajo de la Dirección de agricultura de C.I. Unibán se dio a la tarea de integrar diversos conceptos, obteniéndolos a través de una serie de observaciones y ensayos, para proponer una expresión que estimara el número de larvas crítico, en un ataque de *C. Viridis*, conjugando los factores de variedad, daño presente y tolerancia en defoliación para el cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el propósito mencionado el estudio se subdivide en diferentes tópicos, que luego se integran en el modelo de manejo y evaluación, así:

Seguimiento al desarrollo de diferentes etapas del insecto:

Entre los días 6 y 10 de marzo de 2000, en la finca El Cortijo de la Comunal Zungo (Apartadó), se identificaron un total de 46 huevos presentes en 11 plantas del lote nueve, distribuyendo el número de huevos seleccionados en el tiempo, para compensar la cantidad de aquellos que resultaron parasitados. Cuando las larvas presentaron un tamaño cercano a un centímetro, se trasladaron al laboratorio para que continuaran su desarrollo en puyones sembrados en macetas, los cuales fueron su dieta. En total, se trasladaron 13 larvas previamente marcadas e identificadas de acuerdo con la planta de origen, para luego tomar información de su tamaño.

Determinación del consumo de área foliar con relación al tamaño larval:

En enero 11 de 2000 se seleccionaron cinco plantas en la finca California, donde se marcó entre tres y cuatro huevos en hojas de fácil acceso para su posterior seguimiento y registro, nuevas posturas fueron eliminadas para evitar confusiones.

Se realizó un registro diario del tamaño de las larvas y se valoró el área consumida en términos de raspadura y perforación, la primera fue medida en campo, utilizando una regla y luego las hojas consumidas fueron cortadas y llevadas al laboratorio al final del seguimiento, para ser calcadas y medidas con ayuda de un planímetro.

Para este ensayo fue necesario calcular el área foliar de las variedades Valery y Gran Enano. Los datos encontrados se compararon con los mostrados por Soto, M (1995), el cual reporta la siguiente fórmula para calcular el área foliar de una planta de Banano: $S=0.8(L \times a)$, donde S: Es la superficie de cada hoja; 0.8: Es una constante obtenida de la integración matemática, debido a la tendencia rectangular de la hoja; L: Es el largo de la hoja; a: Corresponde a la parte más ancha de la hoja.

Determinación de la hoja a muestrear con fines de manejo:

El muestreo se realizó el 25 de enero de 2000, se seleccionaron las fincas Cascada, Estampa, Oropel y Mi Tierra, todas ubicadas en la Comunal la Suerte (Turbo). Las dos primeras fincas presentaban un ataque reciente, mientras que las dos últimas ya estaban en la segunda generación del insecto.

En las fincas se seleccionaron las áreas más afectadas y se fijó como meta de evaluación de 20 plantas por cada una de ellas, con una planta cada 30 metros y perpendicular a los pases del avión. A cada planta recién parida se le tumbó una a una las hojas, iniciando desde el extremo inferior por el lado par o impar, luego se procedió a realizar un riguroso conteo de larvas, discriminándolas por tamaño así: Larvas pequeñas: menores de 1 cm; Larvas medianas: entre 1 y 2 cm. Larvas grandes: mayores de 2 cm.

Control biológico con *Bacillus thuringiensis*, Var. *Kurstaki*, en diferentes estados larvales:

Para el ensayo, se seleccionó el lote 16 de la finca Oropel, localizada en la Comunal La Suerte (Turbo), para hacer las aplicaciones del insecticida biológico en tres diferentes semanas, en cada una de ellas se marcaron 10 plantas y hojas de substratos altos (plantas jóvenes sin parir) y 10 de substratos bajos (siembras y puyones), para permitir su seguimiento. Se realizó una adecuada dosifica-

ción calibrando bomba de motor de 20 lts.

En la primera etapa se compararon las dosis comerciales vigentes para los productos (las cuales fueron suministradas directamente por las casas comerciales), con el tamaño promedio de larvas que estaban presentes al momento de efectuar la visita de campo. Los conteos de larvas se llevaron a cabo antes y después de la aplicación de (BT), evaluando ésta dos, tres y ocho días después de aplicados (DDA) los productos. (Véase Tabla 6)

En la segunda etapa se permitió que en una de las parcelas del lote, se desarrollara una nueva generación de larvas, procediendo luego a aplicar menor dosis. Cada producto fue evaluado **con bomba de motor y de espalda**, para lo cual las dosis a probar en esta última fueron de 100 gramos de **A** por hectárea y 200 c.c por hectárea de **B**, igualmente, se calibró la bomba de espalda, la misma que dio 9.3 bombadas por hectárea, con una boquilla de referencia 0.02. (Véase Tabla 6)

La tercera etapa se realizó durante la semana 10, permitiendo que las larvas se desarrollaran hasta alcanzar un tamaño superior a 1.5 cm, momento en el cual se aplicaron las dosis resumidas en la Tabla 6.

Observaciones sobre el control natural de *C. Viridis* en la región de Urabá

En la realización de los diferentes ensayos sobre la Ceramidia, se observó en la Región de Urabá, una gran variedad de insectos benéficos, capaces de ejercer un importante Control Natural sobre los diferentes estadios de desarrollo del insecto, entre otros se destacan principalmente algunas avispas y moscas. Estos fueron colectados e identificados con ayuda de expertos de la Universidad nacional y Corpoica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Seguimiento al desarrollo de diferentes etapas del insecto:

La duración del huevo es de seis días, adicionalmente se observó que presentan un aspecto ligeramente verde cristalino y próximos a eclosionar, se tornan opacos y de color crema. La larva al eclosionar, tienen un tamaño cercano a los 2 mm e inmediatamente consumen su corión.

En la Tabla 1 y Figura 1, se aprecia que las larvas presentan una duración de 28 días, de los cuales, en los primeros 15 su desarrollo es más lento, mientras que el cambio más notable de tamaño ocurre cuando pasa de 16 a 24 días. En cuanto a la pupa se observó una etapa en la que la larva forma un capullo con las vellosidades del cuerpo, la cual dura tres días, a ésta la denominamos prepupa, y no hay referencias en las diferentes fuentes consultadas sobre esta etapa, luego se observa bien definida la pupa, que es de color marrón y se encuentra totalmente protegida por el capullo de pelos y tiene una duración entre ocho y nueve días. En cuanto al adulto no se realizó un seguimiento a esta etapa, en parte por el desconocimiento que se tiene sobre sus hábitos alimenticios, sin embargo, se ha observado en labores de trampeo en campo, una duración aproximada de 15 días.

La Tabla 2 compara los resultados obtenidos por C.I. Unibán para la zona de Urabá, con información suministrada por la compañía Abbott en Ecuador y por publicación de **Frutera de Sevilla, División Turbo**.

Determinación del consumo de área foliar con relación al tamaño larval:

En la Tabla 3 se aprecia que el consumo de área foliar de las larvas durante las dos primeras

Tabla 6. Resumen de parámetros iniciales para las tres etapas evaluadas.

ETAPA	TAMAÑO LARVA cm	TOTAL DE LARVAS INICIALES/ PLANTA	DOSIS (gr) Producto A/Ha 32.000 U.I.	DOSIS (cc) Producto B /Ha 16.000 U.I.	BOMBADAS HECTAREA
1	< 1.5	100	500, 800, 1000	300, 500	10
2	0.5	50	100, 200, 300	90, 100, 150	8.5
3	> 1.5	50	100, 200	200, 300	9

Tabla 1. Tamaño aproximado de larvas de *C. viridis*, de acuerdo con la edad.

EDAD (Días)	Tamaño (cm)	EDAD (Días)	Tamaño (cm)
1	0.2	15	1.3
2	0.2	16	1.3
3	0.2	17	1.4
4	0.3	18	1.4
5	0.4	19	1.6
6	0.5	20	1.7
7	0.5	21	1.8
8	0.5	22	1.8
9	0.6	23	2.0
10	0.6	24	2.4
11	0.7	25	2.5
12	0.8	26	2.7
13	0.8	27	2.7
14	1.0	28	2.8

Figura 1. Tamaño aproximado de larvas de *Ceramidia*, de acuerdo con la edad

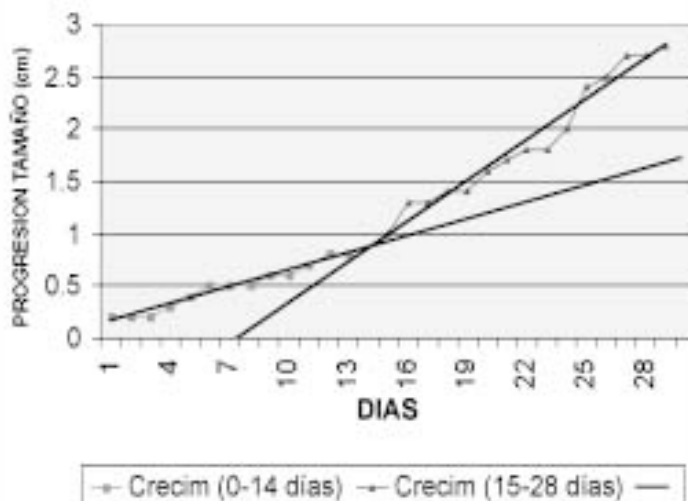


Tabla 2. Comparativo de la duración de los diferentes estados de desarrollo, respecto a los reportes citados.

ETAPA	UNIBÁN	ABBOTT	FRUTERA SEVILLA
HUEVO	6	-	6
LARVA	28 - 29	19	18 - 24
PREPUPA	3	-	-
PUPA	8 - 9	7 - 9	8 - 10
ADULTO	Aproximad. 15 Días		

Tabla 3. Consumo acumulado de área foliar, de acuerdo con el tamaño de la Larva.

EDAD (DÍAS)	TAMAÑO (cm)	CONSUMO RASPADURA (cm ²)	CONSUMO PERFORACIÓN (cm ²)
1	0.2	-	-
5	0.3	0.3 - 0.5	-
10	0.6	8 - 10	-
15	1.3	12 - 15	2 - 3
20	1.7	-	15-17
25*	2.5	-	85-90
28*	2.8	-	90-95

*Los datos de consumo a partir del día 22, se obtuvieron en el laboratorio.

Tabla 4. Área foliar estimada para plantas de Valery y Gran Enano al momento de parir.

Variedad	Área promedio Por hoja m ²	Área promedio a parición		Área promedio perdida		Área promedio a cosecha	
		m ²	No. Hojas	m ²	No. Hojas	m ²	Hojas
Valery	1,78	22,43	12,6	6,41	3,6	16,2	9
Gran Enano	1,28	16,13	12,6	4,61	3,6	11,52	9

semanas, es reducido, raspando discontinuamente un área entre 12 cm² a 15 cm². A partir de los 15 días, se incrementa significativamente el consumo e inician las perforaciones, las que alcanzan en la tercera semana de su desarrollo entre 15 cm² y 17 cm². Se observa así mismo que entre los 15 y 25 días se presenta la mayor área foliar consumida.

En la **Tabla 4**, se observa el área promedio para Valery y Gran Enano al momento de parir, además, se presenta el promedio de área de una hoja para cada clon, los valores restantes, son obtenidos de la información de Sanidad Vegetal y la Dirección de Agricultura, la cual determina para el año de la investigación, que las plantas en Fincas de C.I. Unibán poseen 12.6 hojas al momento de parir y que en el período transcurrido hasta la cosecha, pierden por efecto de laboreo y condiciones ambientales, un promedio de 3.6 hojas. El número de hojas es traducido en términos de área foliar a metros cuadrados, utilizando el promedio de área de una hoja. Esta información y la obtenida en el ensayo de determinación de la hoja a muestrear, son consideradas para el cálculo del Número de Larvas Crítico, índice que puede ser empleado para tomar decisiones de control.

Determinación de la hoja a muestrear con fines de manejo:

Los Asistentes Técnicos de la Dirección de Agricultura de Unibán, evaluaron 59 plantas, con 713 hojas, para un promedio de 12 hojas por planta. En la **Tabla 5** se destaca que al establecer el tamaño de las larvas, se precisa en qué fase de su desarrollo se encuentra, lo cual está estrechamente relacionado con el tipo de daño y consumo y que entre las hojas ocho y 11, se concentra la mayor población de larvas, para ambos ataques.

En la **Figura 2**, se observa que la hoja nueve es la que más larvas alberga, correspondiendo a un 13.6 y 19.4 por ciento con respecto al total de larvas de la planta, para ataques de primera y segunda generación, respectivamente.

Control biológico con *Bacillus thuringiensis*, Var. *Kurstaki*, en diferentes estados larvales:

Luego de ocho días de aplicados los dos productos comerciales, en las tres etapas, se observó que éstos fueron eficientes en los diferentes estratos analizados, no obstante, se presenta claramente la diferencia de mortalidad cuando se aplica el B.T. a estratos bajos, en comparación con estratos altos de la plantación. Esta diferencia se debe sustancialmente a la dificultad de aplicar los productos en los estratos altos, en vista del traslape de las hojas, tamaño de la gota, presión de la descarga, velocidad de aplicación y viento, entre otros factores que la limitan.

La dosis de cada producto está sujeta a controlar las larvas que se encuentren entre 0.2 cm y 2 cm de tamaño, y se observó al aplicar, 100 gr del Producto A (32.000 u.i.) ó 200 cc del Producto B (16.000 u.i.), resultados satisfactorios en el control de las diferentes etapas de la larva.

En la **Figura 3** se presenta la ultima etapa en la que se utilizaron las dosis mas bajas y el comportamiento diferencial de ambos productos en estratos altos y bajos de la plantación.

Observaciones sobre el control natural de *C. Viridis* en la región de Urabá:

Durante el desarrollo de las diferentes observaciones se destacaron como controladores naturales, los siguientes géneros que se clasifican

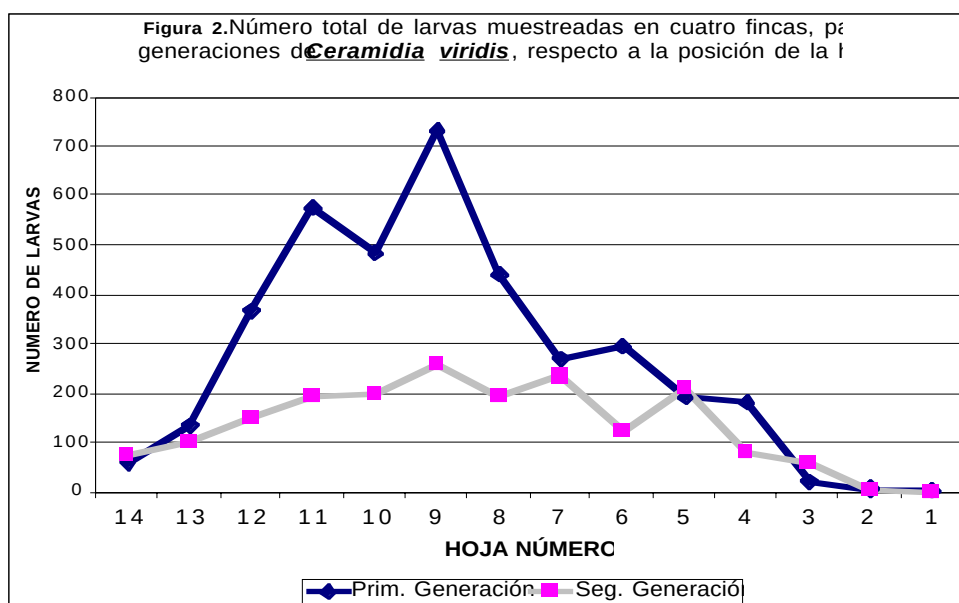
Tabla 5 Número total de larvas muestreadas en cuatro fincas, para dos generaciones de *Ceramidia viridis*, respecto a la posición de la hoja.

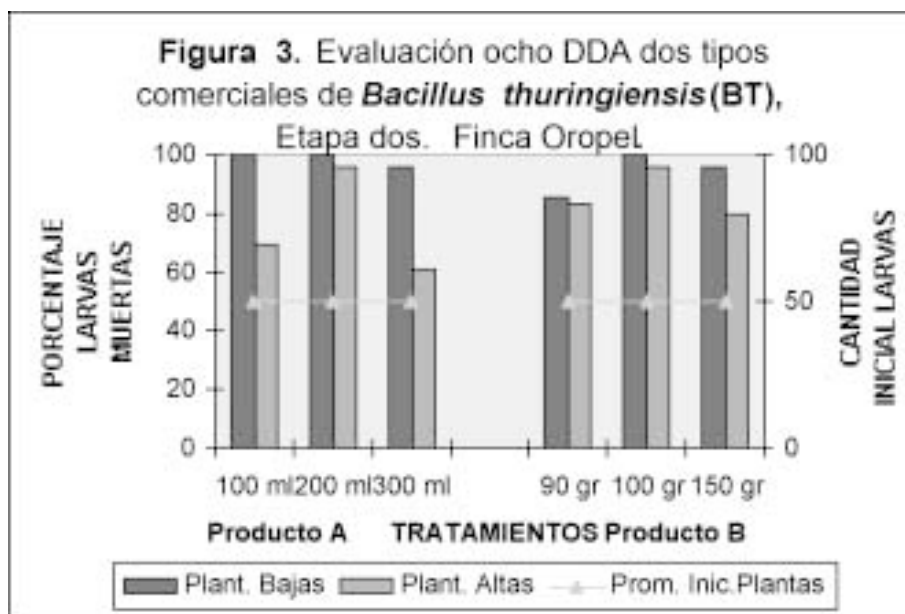
PRIMERA GENERACION										SEGUNDA GENERACION									
TOTAL HOJAS EVALUADAS	No. HOJA	CASCADA			ESTAMPA			TOTAL	FRECUENCIA (%)	OROPEL	MI TIERRA			TOTAL	FRECUENCIA (%)	TOTAL LARVAS/HOJA			
		LARVAS									LARVAS								
		P	M	G	P	M	G				P	M	G				P	M	G
13	14	36	12	0	23	2	0	73	3,8	24	3	0	5	22	6	60	1,6	133	
22	13	19	26	1	19	30	8	103	5,4	32	4	11	20	50	19	136	3,6	239	
42	12	61	38	0	30	18	5	150	7,9	180	18	0	24	122	28	370	9,8	520	
52	11	91	42	0	30	28	5	196	10,3	377	32	2	39	77	50	577	15,2	773	
56	10	88	18	0	66	26	6	204	10,7	195	52	0	57	148	33	485	12,8	689	
59	9	146	59	0	44	10	0	259	13,6	435	53	3	67	165	11	734	19,4	993	
58	8	86	29	0	61	23	1	196	10,3	250	30	2	40	90	30	442	11,7	638	
57	7	138	38	2	48	9	0	235	12,3	170	11	0	40	48	5	272	7,2	507	
59	6	62	37	0	16	10	0	125	6,6	189	24	1	35	38	10	295	7,8	420	
59	5	103	16	0	72	18	2	213	11,2	161	9	0	6	16	2	194	5,1	407	
59	4	52	8	0	17	5	0	82	4,3	173	2	0	3	5	1	184	4,9	266	
59	3	39	7	0	11	4	0	61	3,2	21	0	0	0	1	0	22	0,6	83	
59	2	3	0	0	2	0	0	5	0,3	5	0	1	0	1	0	7	0,2	12	
59	1	2	0	0	0	0	0	2	0,1	6	0	0	0	0	0	6	0,2	8	
713	105	924	326	3	439	181	27	1904	100,0	2218	238	20	335	779	198	3784	100,0	5688	

PLANTAS EVALUADAS		14	20

10	15

P: Pequeñas
M: Medianas
G: Grandes





de acuerdo a la etapa de la plaga en la que actúan:

Parásito de huevo:

Trichogramma sp En la zona de Urabá, se han encontrado posturas de *Ceramidia* en diferentes fincas, en las cuales se ha apreciado una importante acción de este parasitoide. Para ratificar tal situación, se marcaron 50 huevos en la finca El Cortijo Apartado (Ant), de los cuales el 34 por ciento presentó parasitismo natural. En muestras colectadas de huevos parasitados en la finca Mi tierra de Turbo (Ant) se identificó *T. Pretiosum* (Riley) y *T. exiguum* (Pinto & Planther)

Parásitos de larvas

Antichloris sp (Diptera) este depredador de larvas de *Ceramidia* fue colectada en la Finca Argentina uno, localizada en la comunal San Jorge (Turbo), la larva de esta especie es hialina y se observó también succionando pulgones, en el laboratorio fue alimentada con larvas de *Ceramidia*, hasta alcanzar un tamaño máximo de un centímetro en aproximadamente 13 días, momento en el cual toma un color verde con un pequeño punto negro en su parte dorsal. La pupa tiene forma de gotera, lo que caracteriza estas moscas. El adulto presenta grandes ojos y abdomen aplanado, en éste se preserva el punto negro en su parte ventral.

Elachertus sp. Hymenóptera-Eulhophidae, Los huevos de este parásito son colocados por la hembra en cantidad de entre 15 y 30 huevos, los que eclosionan en la subepidermis del hospedero y se desarrollan en el interior de la larva de *Ceramidia*, la salida del parásito del hospedero se manifiesta por la aparición de pequeños puntos en su epidermis, en ese momento, las larvas son hialinas y se desplazan hacia la parte ventral de la *ceramidia*, donde posteriormente se tornan de color crema y epupan en este lugar. Las pupas son exaratas, de color café a marrón y con la cabeza oscura, éstas duran alrededor de cuatro a cinco días, momento en el cual sale el adulto.

Cotesia (*Apanteles congregatus* Say.) Hymenóptera Braconidae, Parásito de amplia presencia en la zona de bananera de Urabá, control natural importante de otros defoliadores como *Sibine* sp y *Opsiphanes* sp. La pupa es exarata y emerge de la larva, para inmediatamente formar un capullo en la parte dorsal, en el cual forma su pupa. Al cabo de cinco o seis días emergen entre 30 a 50 adultos, miden aproximadamente 4 mm de largo y son de color negro.

Parásitos de pupa

En este grupo se recolectaron en Urabá dos insectos y un hongo, este último aislado en el Centro de Investigaciones Biológicas (CIB).

Brachymeria Sp Hymenóptera Chalcidae. Ovoposita un solo huevo al interior de la pupa de Ceramidia, la literatura reporta que se desarrolla en dos o tres días. La larva es de color crema y se desarrolla en el interior de la pupa de la plaga, consumiendo totalmente su contenido. La pupa es de forma exarata. Los adultos observados presentaron diversidad de tamaños.

Paecilomyces lilacinus. Generalidades del hongo: Pardo, V. (1990), Menciona que éste pertenece a la superdivisión Deuteromycotera, en el cual está el Orden Moniliales, que comprende la familia Monilaceae, ésta presenta conidioforos y conidias hialinas. Barnett, H.L. y Hunter, B. (1972), indican que su principal característica, son los conidioforos y manos más divergentes que el hongo *Penicillium* sp, género más próximo a la taxonomía, también presenta una phialospora en cadena, que es basipétala, con conidias hialinas. En Urabá este hongo se observó atacando el estado de prepupa y pupa de ceramidia, es considerado como saprofítico.

CONCLUSIONES

- La información sobre la duración de las distintas etapas de desarrollo, debe ser tomada en cuenta al proponer estrategias de control, para ello es importante conocer que las larvas durante las dos primeras semanas de desarrollo, crecen en promedio de 3 mm a 4 mm por semana, a partir de los 15 días, acelera su crecimiento en un centímetro por semana, en las dos últimas semanas.
- Se encontró que una larva de Ceramidia consume en forma de raspado discontinuo, entre 12 cm² y 15 cm², hasta el momento que posee un tamaño aproximado de un centímetro, a partir del cual perfora un área de lamina foliar entre 90 cm² y 95 cm². En total, se puede afirmar que el área consumida por una larva, es de 110 cm² (0.01m²), lo cual no difiere significativamente de lo reportado por Sierra L. (1993), quien cita a Champion, J. (1978), que es de 85 cm².
- Se estimó que el área foliar promedio del Valery, al momento de parir, es de 22.43 m², mientras que para El Gran Enano, es de 16.13 m².
- De acuerdo con el muestreo, se concluyó que la hoja número nueve en plantas recién pari-

das se considera la más representativa para hacer un diagnóstico poblacional y tomar decisiones frente a su posible control.

- De acuerdo con lo observado, tanto para el consumo de una larva de Ceramidia, cómo en la determinación del área foliar por la variedad, se concluye que la cantidad de larvas que podría considerarse como críticas en un ataque de Ceramidia, se encuentra estrechamente relacionada con el área foliar de la plantación donde ocurre el ataque del insecto. Por lo anterior, el equipo investigador, propone una expresión para calcular el número de larvas que podría afectar el área foliar de una planta de banano, esta expresión resume los elementos encontrados en campo y que sirvieron de base para su formulación:

Numero de larvas crítico = $(A) (0.20) \times 0.17$,
Siendo: 0.01

A = (Número hojas funcionales x **B**) - (Número hojas funcionales x **0.29** x **B**)

B = Es el área de una hoja, que para Valery es de 1.78 m² y para Gran Enano es de 1.28 m²

0.29: Es el área foliar máxima perdida y expresada en decimales (29 por ciento), ésta puede perderse debido a causas como el deshoje, caída natural de las hojas y senectud, en el período transcurrido entre la parición y la cosecha.

0.20: Es el límite máximo de defoliación permitido, estimado en el 20 por ciento de lámina foliar, según experimentos realizados por la **Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA)**, concluyen que el peso de la fruta decae significativamente después de remover el 20 por ciento del área foliar.

0.01: Es el área consumida por una larva de Ceramidia, en metros cuadrados.

0.17: De acuerdo con lo observado en el ensayo de determinación de la hoja a muestrear, la mayor cantidad de larvas se concentra en la hoja nueve y de acuerdo a su distribución, ésta alberga en promedio el 17 por ciento del total de larvas de una planta.

- Al evaluar la dosis de dos presentaciones comerciales de *Bacillus thuringiensis* se encontró control satisfactorio con dosis mas bajas de las tradicionalmente utilizadas en la zona y en larvas de diferentes tamaños (entre 0.2 cm y 2 cm), por lo que se puede racionalizar el uso de los

productos así, 100 gr del Producto A (16.000 u.i.) ó 200 cc del Producto B (32.000 u.i.) por hectárea.

- Ocho días después de aplicado el producto, es necesario hacer un conteo de larvas vivas, si éstas no superan el 15 por ciento de la cantidad inicial, la aplicación se podrá considerar como buena, pues los controles naturales presentes en la plantación y los monitoreos de adultos mediante las trampas, diezmarán aun más la plaga. Es importante recordar que no es recomendable eliminar totalmente la plaga, ya que se estaría destruyendo sistemáticamente la fauna benéfica que existe en aquellos lotes donde periódicamente hace presencia el insecto.
- En toda decisión de manejo de *C. Viridis* debe ser considerado el gran potencial del control natural y su diversidad en la zona, desde algunas avispas y moscas mencionadas antes y otras no identificadas, hasta una gran cantidad de artrópodos y lagartijas presentes en el cultivo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a C. I. Unibán S.A por su empeño en aportar a sus productores alternativas técnicas y ambientales viables.

Agradecemos a las fincas involucradas en las observaciones y a la empresa privada que de forma desinteresada participaron con mano de obra e insumos. Agradecemos al ICA y CORPOICA por su colaboración.

LITERATURA CITADA

- ABBOTT LABORATORIES.** Banano plagas y manejo integrado. 1999. 8 p.
- CHAMPION, J.** *El plátano*. Primera Edición: Editorial Blume, 1968. 247 p.
- FRUTERA DE SEVILLA.** Plagas en el cultivo del banano. División Turbo.10 p.
- OSTMARK, H.E.** La base para el MIP de los defoliadores en banano. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. La Lima, Honduras. 1p.
- SIERRA, L.** El cultivo del banano: producción y comercio. Medellín : Editorial Gráficas Olímpica, 1993. 680 p. ISBN 958-95537-0-2.
- PARDO, V.** Manual práctico de microbiología agrícola. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. 1ª ed 1990. P 30.

Evaluación del insecticida piretroide Bifentrina impregnado en la funda para el control de plagas del racimo en el cultivo de banano en Machala, Ecuador (*Musa paradisiaca* L)

Evaluation of the insecticide Bifenthrine on impregnated banana bags for pest control in the bunch. Machala, Ecuador (*Musa paradisiaca* L)

P. Gómez, F. Romero*

RESUMEN

En el ensayo se evaluó la eficacia del insecticida Bifentrina impregnado en la funda para el control de plagas del racimo en el cultivo del Banano (*Musa paradisiaca* L), ubicado en la hacienda San Alfonso (Reybanpac CA) zona bananera de Machala, Ecuador. La Bifentrina se impregno en bolsas de alta y baja densidad. La eficacia de Bifentrina en los dos tipos de bolsa fue estadísticamente igual entre si y comparada con el estándar comercial fue superior en términos de protección total y por especie plaga del racimo. Los tratamientos; fundas de alta y baja densidad tratada con Bifentrina mostraron además, ventajas económicas considerando que la labor de enfunde se reduce al embolsado del racimo, eliminando labores extras como el empleo de corbatín. Las características físico químicas del ingrediente Bifentrina la convierten en una alternativa con bajo impacto ambiental y bajo riesgo para salud humana.

SUMMARY

The trial evaluated the efficacy of the insecticide Bifenthrin impregnated in the banana plastic bag to control the pests in the banana bunch (*Musa paradisiaca*). The evaluation was done in the property San Alfonso (Reybanc CA) in Machala, in Ecuador. The Bifenthrin was impregnated in plastic bags and ties of high and low density. The overall Bifenthrin efficacy and control by pest was statistical equal in both densities and better than the commercial standard. Both treatments also demonstrated economic benefits not only controlling the pest but also reducing labor when the bags are used without the ties. The physical and chemical properties of Bifenthrin allow the use of an insecticide with lower environmental impact and less riskier to the human health.

I

INTRODUCCIÓN

La creciente exigencia de fruta de alta calidad por parte del mercado mundial y la imperativa necesidad de realizar una agricultura más limpia se han convertido en un importante reto, tanto para los productores como para la industria agroquímica y ello con lleva a la búsqueda de nuevas alternativas de manejo agronómico que permitan una solución rápida, eficaz y noble con el medio ambiente. La producción agrícola no es ajena a los avances de la tecnología y demanda la renovación

de las viejas costumbres de manejo y usos.

Un caso específico, el de las plagas en agricultura ha conducido a los productores a tomar decisiones rápidas y ha utilizar métodos de control que han traído como consecuencia problemas ambientales, resurgencias y resistencias de insectos y en algunos casos limitación para exportar la fruta a países consumidores. Uno de los segmentos de insectos plagas más agresivos y limitantes en banano, son los que atacan el fruto, un ejemplo de ellos son *Colaspis submetallica*, *Pseudococcus sp*

* FMC Corporation, Av. 13 No 100-12 Oficina 701, Bogotá Colombia. Tel (57 1) 6351504; Fax (57 1) 6351480; fmcecuad@telconet.net, franciscoromero@fmc.com.co

y *Franklinella párvula* que generan disminuciones directas sobre la calidad y en última instancia sobre producción de la plantación. Las nuevas alternativas para el control de estas plagas y la protección del racimo deben ofrecer excelente espectro control, protección de la fauna benéfica y el mínimo riesgo para el ambiente y el personal.

FMC Corporation ha trabajado por muchos años con las compañías bananeras en la búsqueda de soluciones para algunos de los problemas fitosanitarios más importantes del cultivo, ofreciendo productos de óptima calidad y eficacia, acompañados de los paquetes de manejo y aplicación más avanzados, con la idea de vender un excelente control con el mínimo impacto ambiental y el mayor nivel de seguridad para la salud humana. Trabajando en esta línea, el desarrollo de las nuevas químicas va dirigido a nuevas moléculas de alto performance y baja toxicidad; es así, como hoy se ha desarrollado un nuevo insecticida piretriode para ser impregnado en las fundas que protegen el racimo. El ingrediente activo conocido como Bifentrina tiene más de 15 usos en la agricultura a nivel mundial en presentaciones o formulaciones desarrolladas para tratamiento de semillas, aplicaciones foliares y extrusión sobre resinas, además de las presentaciones para uso doméstico.

El siguiente trabajo presenta los resultados de eficacia de Bifentrina impregnado en fundas de plásticas para el control de plagas del fruto, ofreciendo ventajas como: un nuevo mecanismo de acción, una mejor capacidad de extrusión en la resina, menor cantidad de ingrediente impregnado (0.1 %), baja presión de vapor (no volátil), amplio espectro de control y baja toxicidad. El testigo comercial comparativo es el estándar del mercado Clorpirifos, el cual según J Artemo López 1986, al ser impregnado en la funda ofrece un mayor efecto repelente que letal, de tal manera que las poblaciones de los insectos tienden a aumentar o al menos a permanecer estables, convirtiéndose en una amenaza continua para el cultivo, o estimulando las migraciones a zonas sin infestación.

MATERIALES Y MÉTODOS

La prueba fue montada en la finca San Alfonso propiedad de la compañía ReyBanPac CA ubicada en la zona bananera de Machala, Ecuador. El sitio escogido fue una plantación comercial y la

evaluación de los tratamientos se realizó a campo abierto durante un periodo de trece meses. La extrusión de ingrediente activo Bifentrina se realizó en bolsa de alta y baja densidad, también se impregno con Bifentrina el material para la elaboración de los corbatines. El estándar del mercado Clorpirifos solo se impregna en bolsa de baja densidad. El diseño experimental empleado fue el de Bloques con aleatorización restringida. Los tratamientos evaluados fueron: T1 (BBD) bolsa de baja densidad con Bifentrina (0.1%), T2 (BAD) bolsa de alta densidad con Bifentrina (0.1%), T3 (CB/BDS) Corbatín con Bifentrina (0.1%) y bolsa de baja densidad sin tratar, T4 (CC/BDC) bolsa de baja densidad con Clorpirifos (1%) más corbatín con Clorpirifos (1%). El embolso se llevo a cabo en época presente, cuatro meses antes de la primera evaluación (Noviembre 2000), utilizando cintas de colores para establecer la época de cosecha.

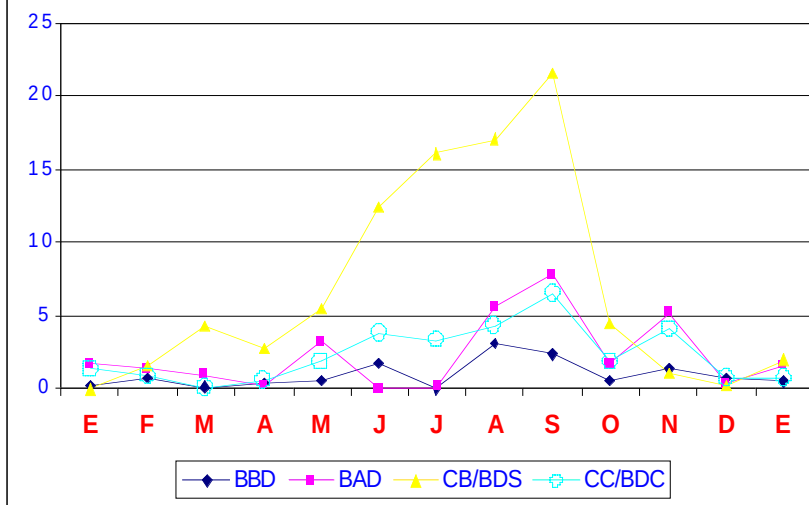
Las variables evaluadas fueron: Incidencia de daño en el fruto por especie plaga, dado en porcentaje en: *Colaspis submetallica*, *Franklinella parvula* y la Incidencia o presencia en el fruto de *Pseudococcus sp* y Fumagina. Otra variable evaluada fue el estado de la bolsa al momento de la cosecha. La cosecha se llevo a cabo entre las 12 a 13 semanas después del embolso. También se realizó el registro pluviométrico del ensayo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la evaluación de incidencia de daño en el fruto, causados por *Colaspis submetallica* y *Franklinella parvula* se observan a continuación en la figura 1 y la figura 2.

En la figura 1 se observa la incidencia de daño en el fruto del banano, generado por *Colaspis sp*. La mayor incidencia de daño en el ensayo, se presento en el tratamiento T3 (CB/BDS) Corbatín con Bifentrina y bolsa de baja densidad sin tratar, a un nivel de 21.7% en el mes de Septiembre, disminuyendo a partir de Octubre hasta 0.7%. El tratamiento que tuvo a lo largo de los trece meses de evaluación el menor porcentaje de frutos afectados fue el T1 (BBD) Bolsa de baja densidad tratada con Bifentrina con el nivel de daño más alto 3.1% en el mes de Agosto y el nivel de daño más bajo 0% en el mes de Julio. Los tratamientos T2 (BAD) Bolsa de alta densidad impregnada con Bifentrina y T4 (CC/BDC) Bolsa de baja densidad y Corbatín

Figura 1. Incidencia de daño (%) en el fruto del banano causado por *Colaspis sp*, Machala, Ecu.



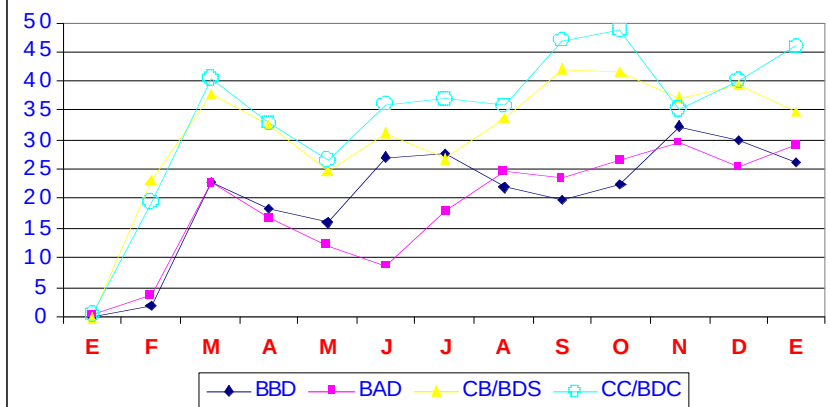
tratados con Clorpirifos mantuvieron una tendencia similar entre sí durante todo el periodo de evaluación.

En la figura 2 se presenta la incidencia de daño en el fruto generado por el trips *Franklinella parvula*. En el inicio de las evaluaciones los tratamientos en general, presentaron índices de daños muy bajos, los cuales fueron incrementándose con una tendencia similar. El tratamiento con el mayor incre-

mento en el porcentaje de daño a lo largo del tiempo fue el T4 (CC/BDC) bolsa de baja densidad y corbatín tratado con Clorpirifos con un índice de 48.6 % en el mes de Octubre, este tratamiento tuvo los mayores porcentajes de daño en fruto de toda la prueba, incluso comparado con el tratamiento T3 (CB/BDS) Corbatín con Bifentrina y bolsa de baja densidad sin tratar. El tratamiento con los menores índices de daño, fue el T2 (BAD) bolsa de alta densidad impregnada con Bifentrina con un daño máximo en frutos de 29.9 % en el mes de Noviembre y presentando el

menor nivel daño 8.8% en el mes de Junio cuando los demás tratamientos reportaron valores significativamente superiores. El tratamiento T1 (BBD) bolsa de baja densidad tratada con Bifentrina tuvo porcentajes de daño muy similar o ligeramente superior al tratamiento T2 (BAD), pero sin guardar diferencias marcadas y con una misma tendencia.

Figura 2. Incidencia de daño (%) en el fruto del banano causado por *Franklinella parvula*, Machala, Ecu.



menor nivel daño 8.8% en el mes de Junio cuando los demás tratamientos reportaron valores significativamente superiores. El tratamiento T1 (BBD) bolsa de baja densidad tratada con Bifentrina tuvo porcentajes de daño muy similar o ligeramente superior al tratamiento T2 (BAD), pero sin guardar diferencias marcadas y con una misma tendencia.

En la gráfica 3 se presenta la incidencia o presencia de la cochinilla harinosa *Pseudococcus sp* en el fruto. La gráfica 4, presenta la incidencia del hongo Fumagina. Estos problemas se presentan en forma asociada.

En la gráfica 3, el tratamiento que tuvo el mayor de índice de daño por *Pseudococcus sp* fue T3 (CB/BDS) corbatín con Bifentrina y bolsa de baja densidad sin tratar con tres niveles máximos de daño; en Febrero 7.19%, Agosto 7.33% y Septiembre 8.04%. Los menores niveles de daños fueron reportados en los tratamientos T2 (BAD) bolsa

de alta densidad impregnada con Bifentrina con un porcentaje máximo de daño 1.26% en Junio y T4 (CC/BDC) bolsa de baja densidad y corbatín con Clorpirifos con un índice de daño máximo 1.67% en Febrero. T1 (BBD) tuvo un comportamiento menos consistente presentando niveles de daño bajos 0%, alternados con niveles de daño elevados 3.68%.

En la figura 4, se puede apreciar los porcentajes de incidencia de Fumagina en el fruto. La mayor incidencia de Fumagina la tuvo el tratamiento T3 (CB/BDS) corbatín con Bifentrina y bolsa de baja densidad sin tratar con un nivel de daño tope 31.8% en el mes de Julio seguido por 27.3% en el mes de Junio. Los tratamientos T1 (BBD) bolsa de baja densidad con Bifentrina y T2 (BAD) bolsa de alta densidad con Bifentrina tuvieron incidencias de Fumagina insignificantes < 0.5% hasta el mes de Julio, a partir de Agosto los porcentajes de incidencia aumentaron hasta Octubre con un nivel tope en T1 (BBD) 11.2% y T2 (BAD) 6.91%. En el mes de Noviembre los índices de incidencia vuelven a valores inferiores < 3% en ambos casos. El tratamiento T4 (CC/BBC) durante los trece meses de evaluación tuvo porcentajes de incidencia del hongo <1.8 %, mostrando la mejor eficacia preventiva para este segmento.

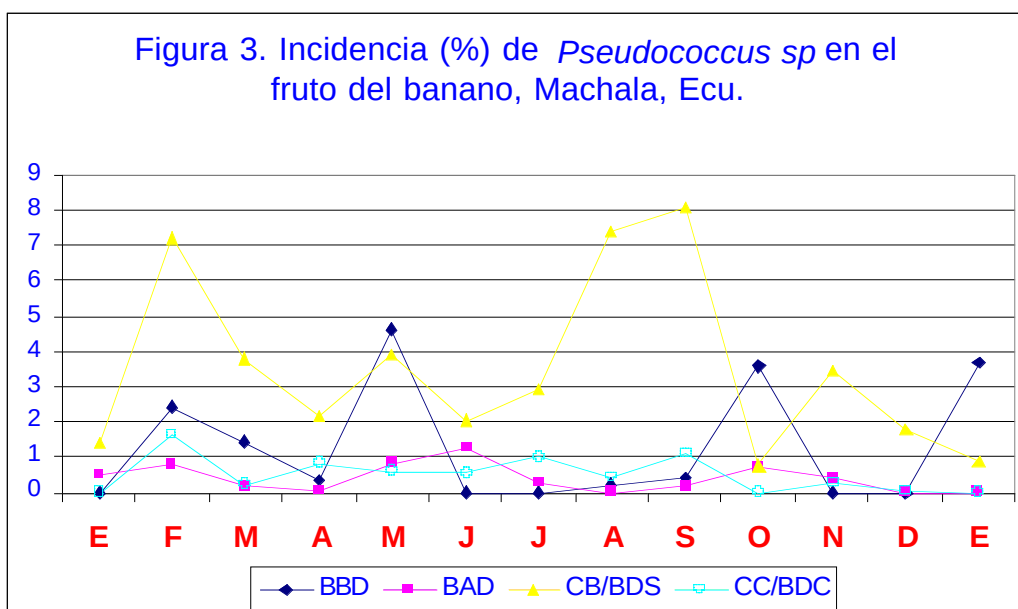
CONCLUSIONES

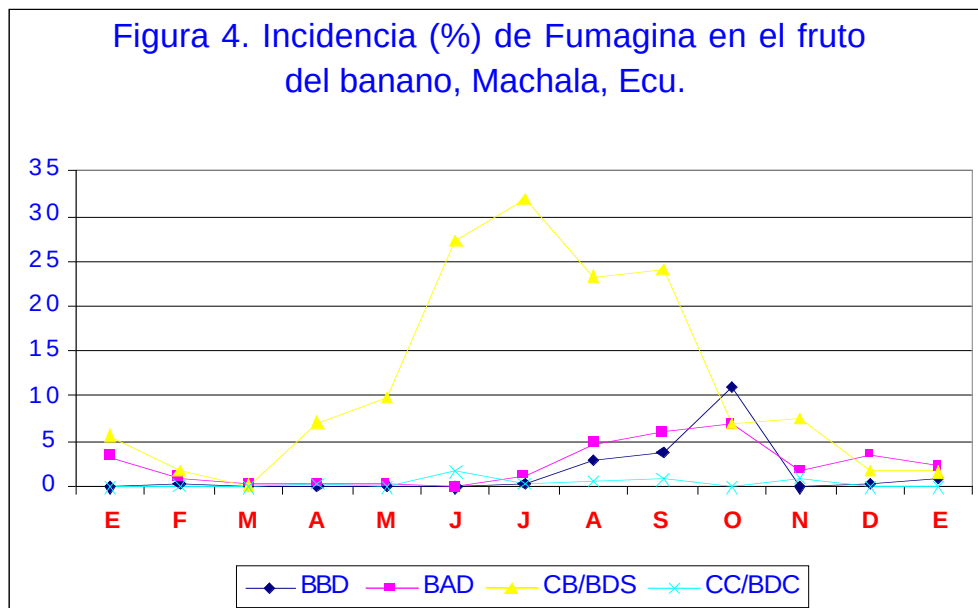
Según el grado de incidencia e importancia económica las plagas más relevantes, en su orden, para la prueba montada en la zona bananera de Machala-Ecuador, fueron: *Pseudococcus sp*, *Colaspis sp*, Fumagina y *Franklinella párvula*. Ello no implica que cada una de las especies de manera individual, pueda ser un factor limitante de menor o mayor importancia en la obtención de una excelente calidad o un óptimo rendimiento del fruto.

Los índices de daño causados por *Colaspis sp* y *Franklinella párvula* en los tratamientos de Bifentrina impregnada en la Bolsa de alta y baja densidad (BBD) (BAD), fueron inferiores, a los presentados en el tratamiento comercial (CC/BDC) bolsa de baja densidad impregnada con Clorpirifos, durante todo el periodo de evaluación (13 meses).

En cuanto a la incidencia de *Pseudococcus sp* en el fruto, los tratamientos que tuvieron los menores porcentajes de daño y mantuvieron una igualdad cuantitativa durante todo el periodo de evaluación de la prueba fueron: T2 (BAD) bolsa de alta densidad con Bifentrina y T4 (CC/BDC) bolsa de baja densidad con Clorpirifos y corbatín con Clorpirifos. La menor incidencia de Fumagina en la prueba, se obtuvo el tratamiento comercial T4 (CC/BDC) bolsa de baja densidad y corbatín con Clorpirifos. Los tratamientos T1 y T2 estuvieron en los mismos rangos de incidencia de daño del tra-

Figura 3. Incidencia (%) de *Pseudococcus sp* en el fruto del banano, Machala, Ecu.





tamiento T4 (CC/BDC), en los periodos comprendidos entre Enero a Julio y Noviembre a Enero del siguiente año.

El tratamiento T3 (CB/BDS) corbatín con Bifentrina y bolsa de baja densidad sin tratar, no presenta eficacia competitiva en relación con los demás tratamientos evaluados. Por lo tanto, Bifentrina impregnada en el corbatín no se debe recomendar como único tratamiento, en zonas bananeras con altos niveles de incidencia de plagas del fruto, al menos que sea combinado con una bolsa tratada.

Con los resultados obtenidos queda demostrado que Bifentrina tiene mayor eficacia en control, sobre cada una de las especies y en términos generales, sobre el control total acumulado; comparado con el estándar del mercado Clorpirifos, el cual mostró notables debilidades de control sobre Trips (*Franklinella sp*) y *Colaspis sp*. Adicionalmente, es importante resaltar que el insecticida piretroide Bifentrina es una molécula de nueva generación, no volátil, no sistémica, que actúa por contacto e ingestión, no genera efecto repelente sobre las plagas, tiene baja toxicidad, puede ser impregnada en bolsas de alta y baja densidad y su

concentración en las bolsas plásticas es solo del 0.1%.

BIBLIOGRAFÍA

- TOA. Temas de orientación agropecuaria, 1986. Manual para el cultivo del banano y el Plátano. 130-137, 149-165. Santa Fe de Bogotá, Colombia
- Augura. Revista Augura año 18, edición 1, 1995. 4-11. Medellín, Colombia.
- Bananos & plátanos, con el mejor entorno ambiental, 1997. Los insectos plagas en Plátano y Banano y la toma decisiones. 116-128. Santafé de Bogotá, Colombia
- Cardona G. 1996. Manual integrado de plagas. Análisis y perspectivas. Boletín de sanidad vegetal 13, ICA. 9-15. Bogotá, Colombia.
- ICA, Instituto Colombiano Agropecuario, 1988. Reconocimiento e identificación de plagas y sus enemigos naturales en plátano. Informe de labores, sección entomología. Tulenapa, Colombia.
- Villacís J. 1975. Empleo de las fundas plásticas en la protección de los racimos de banano contra el daño del insecto *Colaspis submetallica*. Informe Técnico de Banano. INIAP. Quito, Ecuador.
- Villacís J. et al. 1975. Evaluación de la distribución y densidad de la población de los insectos, plagas y nemátodos fitopatógenos en las bananeras de las zonas sur y oriental. Informe técnico de Banano. INIAP. Quito, Ecuador.
- Londoño M E, et al. 1991. Manejo integrado de plagas en: el cultivo del Plátano en el Trópico. Manual asistencia técnica No 50. ICA, CIID, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, INIAP. Colombia.

Alternatives to the use of methyl bromide in banana production in Colombia

Alternativas al uso de bromuro de metilo en la producción de bananas en Colombia

D. A. Castañeda - Sánchez¹, G.J. Elejalde - Gaviria¹, L.F.Patiño¹, J.G. Morales¹, G.A. Mejía - Mesa²,

ABSTRACT

The fumigant Dazomet (Basamid ,) and the herbicide Glifosato (Round up ,) were evaluated alone and in combinations, in the two main Colombian banana growing zones (Urabá and Magdalena). Results show that the treatments used to eradicate banana plants infected with the bacterium *Ralstonia solanacearum* (causal agent of Moko), were effective and none of the replants in post-treated plots showed symptoms of the disease from planting to flowering. The economic analysis shows that losses caused by Moko disease treated with Methyl Bromide and Dazomet are three times higher than the ones caused by the disease treated with Glifosato, in spite of the six month quarantine, was the most profitable treatment.

RESUMEN

Se evaluaron los fumigantes Bromuro de Metilo, y Dazomet (Basamid ,) y el herbicida Glifosato (Round up ,) en las dos principales áreas bananeras de Colombia (Urabá y Magdalena). Los resultados muestran que los diferentes tratamientos usados para erradicar plantas de banano infectadas con la bacteria *Ralstonia solanacearum* causante del Moko, resultaron efectivos y ninguna de las plantas resembradas en lotes pre-tratados mostraron síntomas de la enfermedad desde la siembra hasta la floración. El análisis económico demostró que las pérdidas causadas por la enfermedad tratada con Bromuro de Metilo y Dazomet son tres veces superiores a aquellas causadas por el tratamiento de la enfermedad con Glifosato, pese a los seis meses de cuarentena que conlleva este último tratamiento.

I

INTRODUCTION

In Colombia, there are records of methyl bromide utilization in the banana growing zone of Urabá - Atioquia up to 1993 and in the Magdalena Province there are records of its utilization up to 1995. Basically, methyl bromide was used in banana crops to control Moko disease or "maduraviche" caused by the bacterium *Ralstonia solanacearum* (Mejía 1995 & Granada 1997). Joint efforts of producers and different institutions enabled the development of alternative methodologies and strategies for the efficient handling of diseases, without methyl bromide. In the case of Moko disease, Augura implemented the phytosanitary brigades strategy to diagnose and control the disease through the herbicidal eradication of infected plants in the Urabá and

Magdalena regions, the main two areas under export-quality Cavendish banana (*Musa AAA*) cultivation (Quiros 1984 & Rosero 1985). The objectives were to watch over the phytosanitary maintenance of the zones, the periodical revision of infected and neighboring farms, the prevention and control of diseases found in the area, statistical data-gathering in relation to diseases and sharing of information with other entities. These activities allowed for a notable reduction in the incidence of the disease, and the proposal of new projects and research topics during the program (Mejía 1996 & Mena 1999).

This study attempts to demonstrate that there are alternatives to methyl bromide in the control of Moko disease. For this purpose, four treatments, with 2-replications, for the control of Moko disease

1. Centro de Investigaciones del Banano-Cenibanano, AUGURA, Calle 3 Sur 41-65 P.9 Medellín, Colombia, 2 Experto en Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades MIPE. E.mails:dcastaneda68@softhome.net, gelejalde@augura.com.co, gamm@starmedia.com

in the two main banana growing regions (Urabá and Magdalena) in Colombia were evaluated (Methyl Bromide, Dazomet, Glifosato and the combination Glifosato + Dazomet). The treatments were evaluated from the economic and efficacy point of view.

MATERIALS AND METHODS

The demonstration was conducted in two 0.5-hectare Plots. One is located in Urabá, Municipality of Carepa, Antioquia Province, - Colombia. The other one is located in Zona Bananera Municipality, Magdalena Province, - Colombia.

To improve soil porosity, the preparation of each plot was based on the analysis of its physical properties and included weeding, sub soiling and two harrow passes. Each area were subdivided in 4 plots of 0.1 hectare each. Each experimental lot was planted with 720 plants from meristems of Great Dwarf Cavendish banana in 30 X 30 X 30 cm holes, at 2.5 m between plants and 2.5 m between rows. Each plot includes 180 plants, occupying a net area of 962.5 m², a total net area of 3.850 m² for each zone.

To work with the specific bacterium, the inoculum was prepared directly from fresh diseased tissue obtained from the participating banana growing regions, to preserve the bacterium's in-situ virulence, facilitate its preparation and to avoid possible alterations to the study and the environment. For the Urabá banana growing region, the inoculum was obtained from a 1-kg. Great Dwarf Cavendish banana corm infected with Moko disease, located in lot 6 of the Dioselina farm, Carepa municipality, Antioquia Province, Colombia. For the Magdalena region, the inoculum was obtained from an infected corm located in parcel 1 of the Futuro Porvenir farm, Zona Bananera municipality, Magdalena Province- Colombia. Each corm was soaked in a 10 % sodium hypochlorite solution for 15 minutes, then placed in an isolation chamber as aseptic as possible, and washed with sterilized water. A 300 g. sample was taken from the so called "medal" (characteristic internal symptom of the disease) and liquefied with 2.7 liters of sterilized water. The suspension was then filtered and the motility and amount of bacteria was microscopically determined in Colony Forming Units CFU in 100 ml present in these

solutions, pouring 100 microliters of each inoculum in a TZC culture medium. 5 replications were performed. Few hours after inoculum collecting and preparing, 2.5 cm³ of the bacterial suspension were injected in the central part of the pseudostem of each plant.

Four treatments for the control of Moko disease were evaluated in each region, as follows: Plot 1, with 50 g/m² of Methyl Bromide commercial product, covering the entire plot with plastic during 8 days, including the infected plants. Plot 2, with 10 cm³/plant of Glifosato (Roundup,) 20% commercial product in distilled sterilized water, applying 25 g/m² of Dazomet (Basamid,), 8 days later, covering the ground with plastic for 8 days. Plot 3, with 10 cm³/plant of Glifosato (Roundup,) 20% commercial product in distilled sterilized water and were maintained in quarantine for six month . Plot 4, with 25 g/m² of Dazomet (Basamid,) incorporating the product into the soil and covering the entire plot, including diseased plants, with plastic for 8 days. From each 180-plant plot where fumigants were applied, 30 samples of Moko diseased pseudostems were selected immediately after the tents were removed and taken to the lab, in order to detect whether bacteria was present in the treated samples. To corroborate its pathogenicity, the colonies obtained *in vitro*, from tissues after treatment, were evaluated in greenhouse and the Great Dwarf banana seedlings were inoculated (2 ml/plant at 1x10³ UFC concentration in a PCG liquid medium). All treated plots were planted with 180 Great Dwarf banana, These plants had been under six-month constant monitoring for Moko symptoms, from planting to flowering, in order to verify product efficacy in soil and a possible relapse of the disease. When each plot showed over 80% flowering, the plants, and all vegetal material generated within the plots, were removed and buried outside the plot to prevent neighboring producers from using them as seedlings. To obtain the necessary information for an economic analysis, the number of day's wages (men-day) needed in each one of the treatments were determined.

RESULTS AND DISCUSSION

The inoculum showed an average concentration of 22 and 21 Colony Forming Units (CFU), for Ura-

bá and Magdalena respectively. 95% of the inoculated plants in Urabá showed Moko disease symptoms, in a period of 16 days after the inoculation. This zone shows a fast evolution of the disease. 50% of the plants showed symptoms of the disease just 10 days after inoculation (Table 1). In the Magdalena region, over 90% of the plants showed symptoms of the disease 30 days after the inoculation and 100 % infestation 35 days after inoculation. This zone showed a 15-day latent stage, then, the disease developed rapidly (Table 1). Like in the first year, the Urabá region shows a faster development of the disease compared with the Magdalena region. This, seems to be related to the rainfall regime, which is heavier in the Urabá zone.

In Urabá, total day's wages needed in each treatment, in descendent order, were: first year dazomet 18.36, dazomet + glifosato 16.62, Methyl Bromide 7.68, glifosato 0.39; and in the second year dazomet 13.14; dazomet + glifosato 9.58 and

methyl bromide 5.29; (Table 2). In the Magdalena region, in descendent order, day's wages needed in each treatment were: first year dazomet + glifosato 8.48, dazomet 8.21, methyl bromide 4.96, glifosato 0.44 and in the second year, dazomet + glifosato 8.58, dazomet 7.3, methyl bromide 4.9 and Glifosato 0.44 (table 3). Treatments to the soil, - dazomet and glifosato + dazomet-, demanded more labor compared with methyl bromide, which does not require incorporation into the soil. In the case of Uraba, comparing with the previous semester, all treatments demanded less labor, explained by a more worked soil and lower rainfall; However, the Uraba plot still demanded more labor compared with the Magdalena region, which has a more sandy soil.

Efficacy in tissue, the number of pseudostems that resulted positive for Moko disease, per treatment, were: in the second year Urabá; methyl bromide 28, dazomet 3 and glifosato + dazomet 16. However, in inoculated greenhouse plants, no symptoms of the disease were observed. Magdalena; methyl bromide 21, dazomet 16, Glifosato + dazomet 6. None of the inoculated greenhouse plants showed symptoms of the disease. These results suggest that isolated bacteria are not pathogenic after treatment, although it could be due to an after-treatment same genus bacterial colonization during the vegetal tissue decaying process, presenting the same type of colony (see table 4). This may occur because the TZC culture medium is not specific for *Ralstonia solanacearum* and other species may grow in it.

Table 1. Percentage of Great Dwarf banana plants infected with Moko disease, in Uraba Antioquia and Zona Bananera, Magdalena - Colombia.

Time (days)	Urabá		Magdalena	
	Year 1	Year 2	Year 1	Year 2
5	0	0	0	0
10	80	51	1	4
15	88	89	10	12
20	96	99	83	66
25	97		98	80
30	100		100	94

Table 2. Day's wages per 0.1 hectare required per treatment for the control of Moko disease. Uraba -Colombia.

Labor	methyl bromide		dazomet + glifosato		glifosato		dazomet	
	Year 1	Year 2	Year 1	Year 2	Year 1	Year 2	Year 1	Year 2
Soil movement	-	-	6.48	4.25	-	-	6.00	6.60
Product application	1.00	0.16	0.47	0.11	0.14	0.12	0.38	0.12
Plant removal and chopping	0.20	0.10	0.21	0.10	-	-	0.20	0.09
Product incorporation	0.00	-	2.00	1.26	-	-	2.10	1.50
Plastic installation	4.75	4.00	5.63	2.83	-	-	7.80	3.80
Pathways disinfections	0.13	0.03	0.13	0.03	-	-	0.13	0.03
Plastic removal	1.60	1.00	1.70	1.00	-	-	1.75	1.00
Weed Control	-	-	-	-	0.25	0.30	-	-
Total	7.68	5.29	16.62	9.58	0.39	0.42	18.36	13.14

Table 3. Day's wages per 0.1 hectare required per treatment to control Moko disease. Zona Bananera, Magdalena - Colombia.

Labor	methyl bromide		dazomet + glifosato		glifosato		dazomet	
	Year 1	Year 2	Year 1	Year 2	Year 1	Year 2	Year 1	Year 2
Soil movement	-	-	3.00	3.50	-	-	3.44	3.00
Product application	0.13	0.13	0.35	1.25	0.15	0.13	0.22	0.90
Plant removal and chopping	0.16	0.15	0.19	0.14	-	-	0.21	0.16
Product incorporation	-	-	1.10	0.61	-	-	1.15	0.50
Plastic installation	3.90	2.50	3.00	2.30	-	-	2.30	2.08
Pathways disinfections	0.14	0.04	0.14	0.07	-	-	0.14	0.06
Plastic removal	0.63	0.66	0.70	0.71	-	-	0.75	0.60
Weed Control	-	-	-	-	0.29	0.32	-	-
Total	4.96	3.48	8.48	8.58	0.44	0.45	8.21	7.30

Table 4. Isolation of Moko-causing bacteria from treated banana tissue in TZC culture medium, and re-inoculation of positive colonies in greenhouse seedlings.

TREATMENT	Uraba				Magdalena			
	Laboratory		Greenhouse		Laboratory		Greenhouse	
	Year 1	Year 2	Year 1	Year 2	Year 1	Year 2	Year 1	Year 2
Methyl Bromide	1	28	-	-	1	28	-	-
Dazomet	1	3	-	-	-	3	-	-
Gifosato +dazomet	-	16	-	-	8	16	-	-

Field efficacy

All plants planted after the treatments were monitored for Moko disease symptoms from planting to flowering. None of the plants showed symptoms of the disease. This suggests that any of these treatments is effective to control the disease in the seedling stage. To decide for any of these treatments, it is then necessary to consider the economic and environmental aspects of each one of the treatments.

Economic analysis for both zones for the first year of the project, total costs of each one of the alternative methods compared to Methyl Bromide. Detail cost of treatment, cost of quarantine maintenance and loss of profits or earnings (during the time between disease treatment and the starting of production). Loss of profits or earnings was calculated multiplying time in weeks without producing by the average profits obtained from a hectare in production in the same period. Comparing Methyl Bromide to the herbicide Glifosato, the difference in costs for each heading is

as follows: treatment 95% and 96 %, quarantine maintenance -64% and -90%, loss of profits or earnings -58% and -58 %, for Urabá and Magdalena, respectively. That's to say, Glifosato costs are 95% lower in Urabá and 96% lower in the Magdalena region concerning the heading "Treatment", and they are also 64% higher in Urabá and 90% higher in Magdalena concerning the heading "Quarantine Maintenance", and so on (dates not showed). In the Methyl Bromide method, the weight of each heading is as follows: treatment 81% and 79%, quarantine maintenance 2% and 2%, loss of profits or earnings 16% and 19%, for Urabá and Magdalena, respectively. In the Glifosato method, the weight of each heading is as follows: treatment 12% and 9.2%, Quarantine maintenance 11.5% and 10.2%, and loss of profits or earnings 76.5% and 80.6%, for Urabá and Magdalena respectively. The heading with more weight in the Methyl Bromide method is "Treatment", while in the Glifosato method is "Loss of profits or earnings". What's more attractive is that the Glifosato method has a cost comparative advantage of

62% in Urabá and 58% in Magdalena, in relation to Bromide, in spite of Glifosato's six month quarantine. This situation invalidates the belief that lower quarantine time means more profits.

The difference in costs between the two zones, is due to less labor required in the Magdalena region to perform the treatments. Total day's wages used in the Magdalena region were lower because of its sandy soil, which requires less labor than Urabá's clayish soil.

The cost of product, plastic and labor of Methyl Bromide and Dazomet treatments is a disadvantage, from the economic point of view, compared to the herbicide Glifosato, in spite of the relative high loss of profits caused by Moko disease control with Glifosato. The economic analysis shows that losses caused by Moko disease treated with Methyl Bromide and Dazomet are three times higher than the ones caused by the disease treated with Glifosato.

It is important to note that in a commercial banana plantation, where banana plants are in different development stages (flowering, fructification, etc.), the cost of handling the disease will increase because of the harvest and stacking of vegetal and plastic material present in the treated area. Besides, in these plantations, the disease will affect all type of plants (mother, daughter,

granddaughter plants), which reduces fumigants' efficacy due to the greater amount of diseased biomass that must be treated. This will not happen when the Glifosato method is used for the control of Moko disease.

ACKNOWLEDGMENTS

Gratefully acknowledges the financial support from the United Nation for Industrial Development Organization UNIDO (AUGURA-UNIDO PROJECT MP/COL/98/080 DEMONSTRATION OF MOKO DISEASE CONTROL).

REFERENCES

- Granada, G. 1997. Moko del plátano y banano en Colombia. Banano y plátanos con el mejor entorno ambiental. Edición especial pg: 38 - 43.
- Mejía M. G.A. 1995. Controlando bien el Moko se protegen el ambiente y el bolsillo. Carta informativa, Augura. (4): 12-13.
- Mejía M. G.A. 1996. Comportamiento del Moko en Urabá entre 1985 y 1996 y en Magdalena en 1996. Carta Informativa, Augura (2): 6-7.
- Mena, B.J. 1999. Programa de sanidad vegetal de Augura. Carta Informativa Boletín 208 (3):12 - 13.
- Quirós, J. 1984. Problemática del control del Moko en la Zona de Urabá. Revista Augura (1): 81-85.
- Rosero, A.; A. Zarama. 1985. Evolución de la enfermedad de Moko (*Pseudomonas solanacearum*), en banano y métodos para su control en la zona de Urabá. Revista Augura (2):13-29.

Impact of viral diseases on micropropagation and diffusion of newly created banana varieties at CIRAD

Impact des maladies virales sur la politique de multiplication et de diffusion de nouvelles variétés de bananiers par le CIRAD

Pierre-Yves Teycheney¹, Nathalie Laboureau², Laurence Zvanella-Dumas³, Serge Galzi², Xavier Foissac³, François Côte² & Marie-line Iskra-Caruana²

Summary

CIRAD's banana genetic improvement programme aims at creating new hybrid varieties harbouring resistance against diseases –especially fungal- and pests, and improved plant and fruit qualities. We have obtained such inter-specific hybrids by crossing *Musa acuminata* and *M. balbisiana* parents. Unfortunately, there is a risk that *Banana streak badnavirus* (BSV) genomic sequences integrated into the genome of the *M. balbisiana* parent lead to the diffusion of infectious episomal viral particles through complex activation processes. Consequently, CIRAD has decided to postpone the diffusion of such inter-specific hybrids until risk assessment studies are completed. Current studies at CIRAD deal with activation processes of BSV sequences integrated within the *Musa* genome and with risk assessment of BSV.

Meanwhile, *Banana mild mosaic virus* (BanMMV) is another important constraint for the diffusion of banana varieties. An existing polyvalent test for the detection of tricho-, capillo- and foveaviruses has been successfully adapted and implemented to BanMMV. This test, which is based on immunocapture- RT-nested PCR, will lead to safer germplasm movement.

Résumé

Le programme d'amélioration génétique du bananier développé par le CIRAD a pour objectif l'obtention de nouvelles variétés conjuguant des caractères de résistance aux maladies –notamment cryptogamiques- et aux ravageurs à une amélioration des qualités agronomiques de la plante et des qualités gustatives des fruits. De telles variétés ont été obtenues par croisement de parents *Musa acuminata* et *M. balbisiana*. Cependant, ces hybrides inter-spécifiques présentent un risque d'activation de séquences génomiques du virus de la mosaïque en tiret du bananier (*Banana streak badnavirus*, BSV) intégrées dans le génome du parent *M. balbisiana*, et donc de dissémination du virus. En application stricte du principe de gestion du risque, la diffusion de ces nouvelles variétés a donc été suspendue jusqu'à l'obtention de données objectives sur les risques encourus. Les travaux actuels menés au Cirad visent à comprendre les mécanismes d'activation de la séquence intégrée et à caractériser le risque viral lié au BSV.

Par ailleurs, une contrainte importante pour la diffusion des variétés de bananier réside dans l'infection des têtes de clones par le virus de la mosaïque atténuée du bananier (*Banana mild mosaic virus*, BanMMV). Un test générique par immunocapture- RT-nested PCR pour la détection polyvalente des tricho-, capillo- et foveavirus a été adapté et développé pour la détection du BanMMV. Cet outil est nécessaire pour améliorer la qualité sanitaire des plants.

I

INTRODUCTION

Most banana production, both of dessert and cooking types, is based on natural accessions that have been fixed over hundreds of years of human selection. However, these accessions are susceptible to numerous fungal, bacterial and viral

diseases and pests, including weevils and nematodes. Therefore, several research institutions, universities, and private companies are now involved in the improvement of both dessert and cooking bananas by conventional breeding and, increasingly, by genetic engineering. Natural and

1. CIRAD-FLHOR– Station de Neufchâteau – Sainte Marie – F-97130 Capesterre Belle-Eau – Guadeloupe – FWI. teycheney@cirad.fr
2. CIRAD-AMIS– TA 40/02 – 34 398 Montpellier cedex 5 – France
3. IBVM-INRA – BP81 – F-33883 Villenave d'Ornon cedex - France

improved accessions are triploid or tetraploid combinations of different A and B genomes originating respectively from *Musa acuminata* and *M. balbisiana* species. These two species are commonly used in breeding programmes aimed at creating disease-resistant clones with improved fruit quality. The A genome provides parthenocarp, fruit quality and, in some cases, resistance traits. The addition of the B genome within AA or AAA combinations adds hardiness and additional disease resistance characteristics to the inter-specific hybrids. In the past ten years, following important technical breakthroughs, the first high yielding, disease-resistant banana hybrids were produced by breeding programmes. CIRAD obtained promising inter-specific hybrids harbouring improved fruit qualities and pest and disease resistance, especially against black Sigatoka. Unfortunately, unexplained *Banana streak virus* (BSV) infections were observed in the most promising of these hybrids carrying the *M. balbisiana* genome. In consequence, none of these hybrids were made available to the farmers so far.

Furthermore, large scale diffusion of planting material relies on micropropagation of clonal individuals through *in vitro* culture. Micropropagation techniques require virus-free sources of material and therefore efficient and reliable methods for the detection of viruses. Currently, *Banana mild mosaic virus* (BanMMV) is a major constraint for the diffusion of vitroplants, and seems to occur widely in *in vitro* germplasm collections (Thomas *et al.*, 2000). Available serological detection methods do not allow an optimal detection of the virus. Therefore, we have successfully adapted to BanMMV an existing detection technique based on reverse transcription-nested PCR (IC-RT-PCR) using degenerate primers.

BANANA STREAK VIRUS

Banana streak badnavirus (BSV) is responsible for banana streak disease (BSD), an economically important and widespread viral disease of banana and plantain *Musa* sp. (Lockhart and Jones, 2000). The impact of this disease on fruit yield and quality has been reported since the disease was first described, in Ivory Coast (Yot-Dauthy and Bové, 1966). BSV has since been detected in many banana production areas of South and Central America, Africa, China, India, South-East Asia and

the Pacific (Diekman and Putter, 1996), affecting both plantain and dessert banana varieties. Diseased plants display typical intermittent leaf chlorotic and necrotic streaks (**figure 1a**), stunting and distorted fruits, with smaller bunches. Plant death has also been reported in some severe cases. Disease incidence varies greatly, depending on cultivar sensitivity, viral strains and the environment, sometimes leading to rapid decline in productivity. BSV is currently the most commonly detected virus at INIBAP Virus Indexing Centres, and the major constraint for banana germplasm exchange (Lockhart and Jones, 2000).

As a member of the *Badnavirus* genus (Pararetrovirus family), BSV has a circular dsDNA genome of 7.4 kbp encapsidated into non-enveloped bacilliform-shaped particles (**figure 1b**). Its transmission by mealybugs (*Planococcus citri* and *Pseudococcus* spp.) under a semi-persistent mode has been experimentally demonstrated. The complete genome of a Nigerian strain, BSV-OL (Obinol'Ewai, formerly ONNE), has been sequenced (Harper and Hull, 1998). Its organisation is typical of badnaviruses, showing three open reading frames (ORFs) (**figure 1c**). Recent data have shown that viral genome segments from BSV-OL are integrated into the Obino l'Ewai AAB *Musa* genome (Harper *et al.*, 1999; Ndowora *et al.*, 1999), and in several other *Musa* accessions (Geering *et al.*, 2001). There is growing evidence that integrated BSV sequences could be the source of episomal infectious BSV particles in a wide range of *Musa* genotypes, including most hybrids that have been bred for disease resistance, improved yield or fruit quality (for a review, see Teycheney and Iskra-Caruana, 2002). It was therefore proposed that episomal viral genomes can arise from integrated BSV sequences through a complex recombination pattern (Ndowora *et al.*, 1999). Research work performed at CIRAD led to the characterisation of (i) specific *in vitro* culture steps involved in the activation of BSV integrated sequences present in the FHIA21 hybrid (Dallot *et al.*, 2001) and (ii) a genetic component involved in BSV activation and specifically present in the *M. balbisiana* genome (Lheureux *et al.*, 2002). Furthermore, so far all screened inter-specific hybrids harbouring *M. balbisiana* genome were found to contain integrated activatable BSV-OL sequences.

Therefore, considering the possible risks of spreading BSV from inter-specific hybrids, CIRAD has decided to stop using *M. balbisiana* as a genitor in its genetic improvement schemes and not to distribute its inter-specific *M. acuminata* × *M. balbisiana* hybrids, making BSV the major constraint for creating and distributing new banana inter-specific hybrids. Meanwhile, an important research programme has been set up in order to better characterize the risks associated with the diffusion of such hybrids and the mechanisms underlying the activation of integrated BSV sequences. The main goals of this programme are:

- to get further insight into the mechanisms of activation of BSV integrated sequences both at the cellular and molecular levels : an *in vitro* activation test for the screening of *Musa* accession is being set up using 5 distinct natural and 2 newly created AAB accessions. This will enable a better characterization of (i) abiotic stresses activating integrated BSV sequences, (ii) the influence of parental genotypes on activation processes and (iii) eventual tolerance or resistance of natural cultivars against the expression of integrated BSV sequence. Genomic approaches are also being used for mapping tightly integrated BSV sequences within the *M. balbisiana* genome, through the use of BAC libraries.
- to further characterize the genetic components of the activation of integrated BSV sequences
- to evaluate the risks of spreading BSV through the diffusion of inter-specific hybrids through studies of the genetic diversity of BSV strains. Such studies are being or will shortly be carried out in various locations, such as the French West Indies and Cameroon as part of a worldwide initiative. They will also help increase the spectrum of molecular BSV detection tools

BANANA MILD MOSAIC VIRUS

Banana mild mosaic virus (BanMMV) has been reported in all banana growing areas (Thomas *et al.*, 2000). Although no natural insect vector has been reported for this virus, it is efficiently transmitted vegetatively through the exchange of infected germplasm or the diffusion of vitroplants raised from infected mother plants. BanMMV alone does not usually induce detectable symptoms, but when co-infecting plants with other viruses, such as BSV

or cucumber mosaic virus (CMV), it mediates synergistic effects that can lead to important necrosis. Therefore, BanMMV has become a major constraint for germplasm movement. Preventing the diffusion of BanMMV-infected plant material requires the implementation and use of efficient detection methods. Current serological and molecular-based techniques such as ELISA and RT-PCR, which target the coat protein or its gene, have proved to lack efficacy, due to the apparent variability amongst BanMMV strains (Thomas and Iskra-Caruana, manuscript in preparation) and low virus titers in infected plants. In an attempt to set up a sensitive molecular-based BanMMV detection technique, we have adapted an existing reverse transcription nested PCR protocol that has been successfully used for the polyvalent detection of three other filamentous virus genus, tricho-, capillo- et foveaviruses (Foissac *et al.*, 2001) and that targets a more conserved region of the viral genome encoding the viral RNA dependant RNA polymerase. An additional step of immunocapture using a polyvalent antiserum (generously provided by B. Lockhart, University of Minnesota, USA) has been added prior to the reverse transcription step (**figure 2a**), in order to trap the flexuous viral particles and increase the sensitivity of the technique. Then, after degrading viral particles for 5mn at 100°C, the viral RNA genome has been reverse transcribed into a complementary DNA (cDNA), which served as a template for further PCR steps. A first PCR reaction using 3 degenerate primers gave rise to a discrete product that was used as a template in a further nested PCR using 2 distinct degenerate primers (**figure 2b**), resulting in the amplification of a 362 bp fragment specific to BanMMV (**figure 3c**). This technique has been successfully used for screening CIRAD's *Musa* germplasm collection in Guadeloupe and batches of vitroplants prior to planting in the field. Furthermore, amplified PCR products are being cloned and sequenced. Sequence comparisons will lead to a better understanding of the genetic diversity of BanMMV strains and to the design of refined molecular detection tools.

CONCLUSIONS

Both BSV and BanMMV are currently the main viral constraints for the improvement and diffusion of *Musa* germplasm worldwide. Although research

efforts have lead to the implementation of a sensitive BanMMV detection technique that will undoubtedly help improving the safety of germplasm movement, BSV still hampers current efforts aimed at genetic improvement of banana and plantain through the production of new inter-specific hybrid species. Ongoing international research efforts, in which CIRAD plays a central role, are expected to lead to important breakthroughs in the understanding of the activation pathway of integrated BSV sequences, and hopefully to the design of counteracting strategies.

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

- Dallot, S., Acuna, P., Rivera, C., Ramirez, P., Côte, F., Lockhart, B. and Caruana, M.L. (2001). Evidence that the proliferation stage of micropropagation procedure is determinant in the expression of *Banana streak virus* integrated into the genome of the FHIA 21 hybrid (*Musa* AAAB). *Arch Virol* **146** (11): 2179 – 2190.
- Diekmann M. and Putter C.A.J. (1996). FAO/IGPRI technical guidelines for the safe movement of germplasm. N°15. *Musa*, 2nd edition, FAO/IGPRI, Rome.
- Foissac, X., Svanella-Dumas, L., Gentit, P., Dulucq, M.-J. and Candresse, T. (2001). Polyovalent detection of fruit tree *tricho*, *capillo* and *foveaviruses* by nested RT-PCR using degenerate and inosine containing primers (PDO-RT-PCR). *Acta Hort.* 550 : 3743.
- Geering, A., Olzsewski, N.E., Dahal, G., Thomas, J.E. & Lockhart, B.L (2001). Analysis of the distribution and structure of integrated *Banana streak virus* DNA in a range of *Musa* cultivars. *Mol. Plant. Pathol* **2**:4, 207-213.
- Harper, G., and Hull, R. (1998). Cloning and sequence analysis of *Banana streak virus* DNA. *Virus Genes* **17** : 271-278.
- Harper, G., Osuji, J.O., Heslop-Harrison, P. & Hull, R. (1999). Integration of *Banana streak badnavirus* into the *Musa* genome : molecular evidence. *Virology* **255**: 207-213.
- Harper, G., Hull, R., Lockhart, B. and Olzsewski, N. (2002). Viral sequences integrated into plant genomes. *Ann. Rev. Phytopathol* **40** : 119-136.
- Hull, R. (2000). Viral sequences integrated into plant genomes. *Trends Plant Sci.* **5**, 362-365 2000
- Jones, D.R. ed. (2000). Diseases of banana, abaca and enset. CABI Publishing, Wallingford, Oxon, U.K
- Lheureux, F., Carreel, F., Jenny, C., Lockhart, B. & Iskara-Caruana, M.-L. (2002). Identification of genetic markers linked to *Banana streak disease* expression in inter-specific *Musa* hybrids. *Theor. Appl. Genetics* (in press).
- Lockhart B., and Jones, D.R. (2000). Banana streak, in "Diseases of banana, abaca and enset", CABI Publishing, D.R. Jones ed.
- Ndowora, T., Dahal, G., LaFleur, D., Harper, G., Hull, R., Olzsewski, N. & Lockhart, B. (1999). Evidence that badnavirus infection in *Musa* can originate from integrated pararetroviral sequences. *Virology* **255** : 214-220.
- Teycheney, P.-Y. and Caruana, M.-L. (2002). Bananier : l'ennemi intérieur. *La recherche* **353**, 34-38
- Thomas, J.E., Lockhart, B.E.L. and Iskara-Caruana, M.-L (2000). *Banana Mild Mosaic*. In Jones D.R. *Diseases of banana, abaca and enset*. Wallingford, Oxon, UK: CABI; 253-263.
- Yot-Dauthy D. and Bové J.M. (1966). Mosaïque du bananier. Identification et purification de diverses souches du virus. *Fruits* **21** : 449-465.

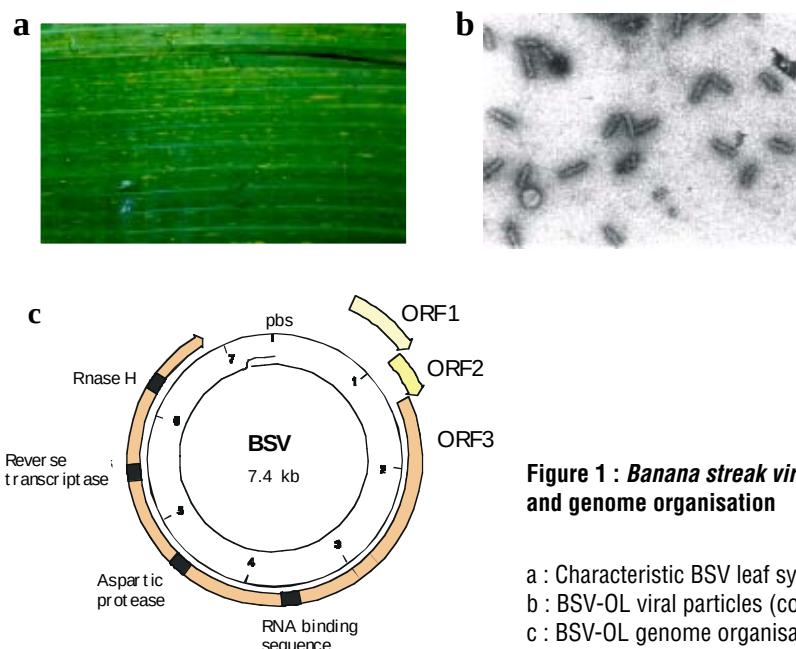
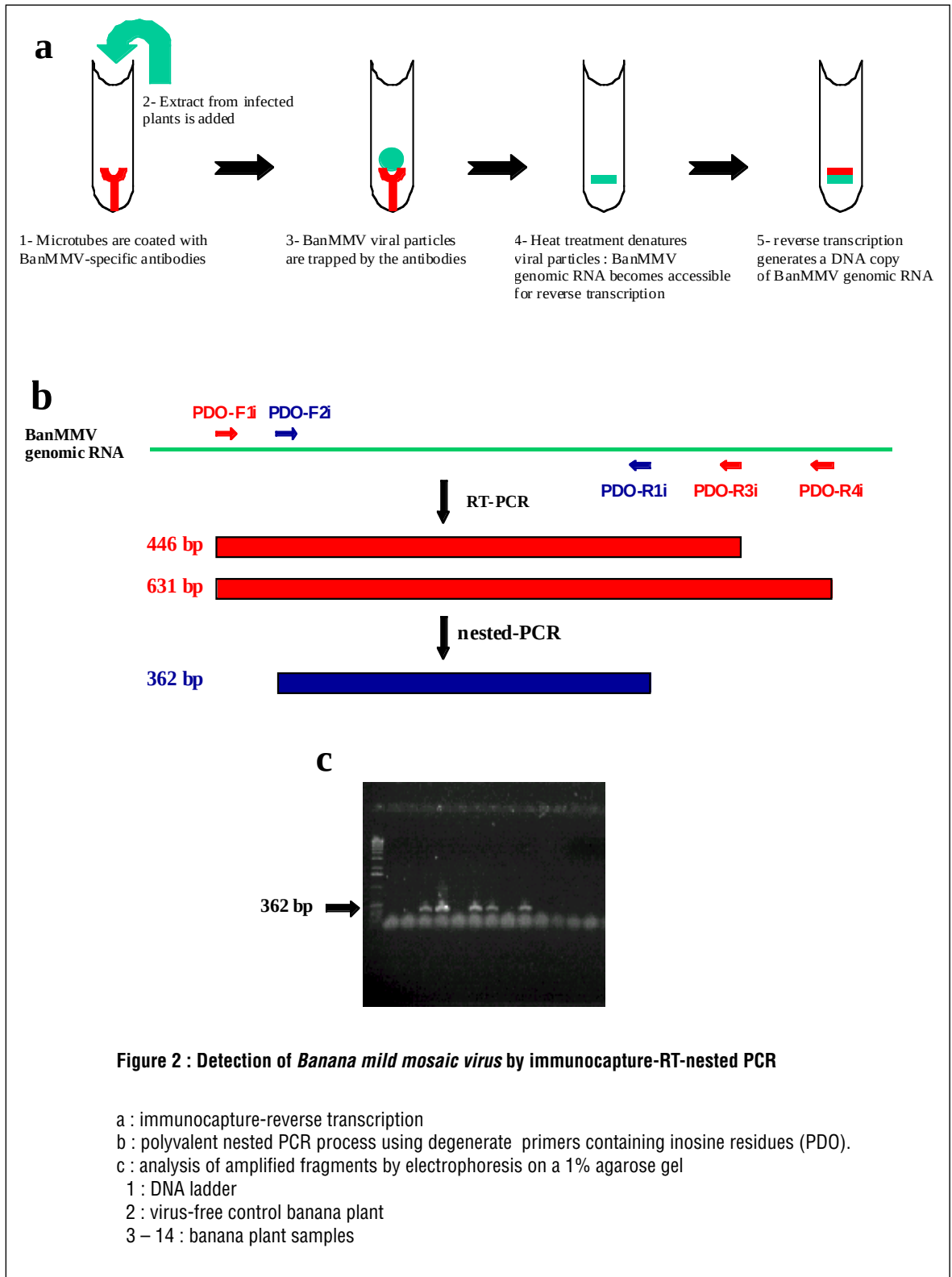


Figure 1 : *Banana streak virus* symptoms, viral particles and genome organisation

- a : Characteristic BSV leaf symptoms
 b : BSV-OL viral particles (courtesy of Glyn Harper)
 c : BSV-OL genome organisation (courtesy of Glyn Harper)



Management of viral diseases of banana

B. E. L. Lockhart*

INTRODUCTION

Viruses infecting banana can have a direct effect on production by reducing plant growth and yield. They can also have important indirect effects by restricting germplasm movement and by predisposing plants to damage by other biotic and abiotic stress factors. These diseases differ from those caused by fungal and bacterial pathogens in two fundamental and critical respects. The first and most important, is that viral infections can not be eliminated by chemical treatment (chemotherapy), which means that control of viral diseases must be based on preventing infection rather than on curing the disease. The second difference is that, whereas fungal and bacterial diseases may cause dramatic short-term damage, viral infections often result in long-term debilitating effects since the clonal progeny of infected plants are automatically infected by the virus.

Five viruses are known to cause diseases in banana. These are *Cucumber mosaic virus* (CMV), *Banana bunchy top virus* (BBTV), *Banana streak virus* (BSV), *Banana bract mosaic virus* (BBrMV) and *Banana mild mosaic virus* (BanMMV). Techniques for effective management and control of each of these virus disease differ because these viruses differ in their biological properties, epidemiology and distribution, and it is essential to know the characteristic of each virus. In addition the effective practical control of these viral diseases depends on the availability of reliable virus detection methods and on appreciation of the risk factor that each of these diseases poses. The application of these principles to understanding and managing each of the five viral diseases is presented below.

CUCUMBER MOSAIC VIRUS

Mosaic of infectious chlorosis of banana has been known for a long time to be caused by *Cucumber Mosaic virus* (CMV), and occurs throughout the world (14). From the standpoint of disease management the critical features of this disease are the variability and biological properties of the pathogen. Most strains of the virus are so-called “common” strains, which do not produce severe symptoms or cause significant crop damage (14). Symptoms consist of foliar mosaic and occasional leaf deformation, especially in young suckers developing from infected mother plants. Mosaic symptoms are most pronounced during cool weather but do not persist, in contrast, the severe of heart rot strains of CMV (1, 16) can cause damaging symptoms, which include chlorosis, cigar leaf necrosis, internal pseudostem necrosis and plant death (Figure 1). While they differ in the amount of damage they cause, both types of CMV share the same biological properties and epidemiology and the approach to disease control is the same for both. CMV occurs naturally on very wide range of plant species, including cultivated crops (e.g. tomato, pepper, cucurbits) and weeds, which serve as reservoirs of infection for banana. The virus is transmitted in a non-persistent manner by several aphid species (e.g. *Aphis gossypii*, *Myzus persicae*) which colonize a wide range of source plant species and visit but do not colonize banana. As a result, infection of banana CMV occurs almost exclusive by aphid transmission from other plant species rather than from banana to banana. Therefore management of CMV infection banana, regardless of which virus strain is involved, is based primarily on eliminating or reducing external sources of infection (i.e. weeds) and secondarily on

* Department of Plant Pathology, University of Minnesota, St. Paul, MN 55108—6030, USA

controlling aphid vector populations. In the majority of situations effective control of CMV can be achieved by weed control to eliminate adventitious plant species which serve as reservoirs for both virus and aphid vectors. It should be noted however that while other species are primary source of virus for infection of bananas, banana itself can serve to introduce CMV into new areas. From infected banana the virus can spread into a variety of weed and crop species, which in turn became permanent reservoir of infection for banana. This scenario is especially dangerous where severe or heart-rot isolates of CMV are involved, and as CMV occurs ubiquitously and may therefore not be regarded as a quantitative risk, it is important to recognize the potential danger of introducing serve or strains of the virus into new areas in infected banana plant material. Fortunately, in terms of determining plant health status and strain identification, routine detection of CMV can be done by a variety of methods including enzyme immunoassays and PCR (8), so that there is no reason why potential damaging strains of the virus should not be excluded from virus-free area of banana cultivation.

BANANA BUNCH TOP VIRUS

Bunchy top disease of banana (Figure 2), caused by *Banana bunchy top virus*, like mosaic or infectious chlorosis caused by CMV, is a disease, which has been known for a long time (16, 19). This disease however, differs from mosaic in several important respects, and we can highlight these differences to illustrate the basic point made in the introduction, namely that viral disease management in banana is determined by the distribution, biology and epidemiology of the pathogen and the disease. First, whereas CMV occurs world wide, BBTV occurs only in the old world tropics and subtropics (Asia, Australasia and Africa) (19) and has not been reported in the banana producing areas of the Americas. Second, whereas, CMV occurs naturally in a wide range of plant species, BBTV is known to occur only in banana. Third, CMV is transmitted in a non-persistent manner by a variety of aphid species which colonize a variety of plant hosts, but not banana, whereas BBTV is transmitted in a persistent manner by a single aphid species, *Pentalonia nigronervosa*, the black banana aphid (Figure 3)



Figure 1. Cigar-leaf necrosis in Cavendish banana (Williams) caused by a severe or heart-rot strain of CMV introduced into Morocco in infected planting material.



Figure 2. Severe stunting of banana (East African AAA) caused by BBTV infection in western Rwanda.



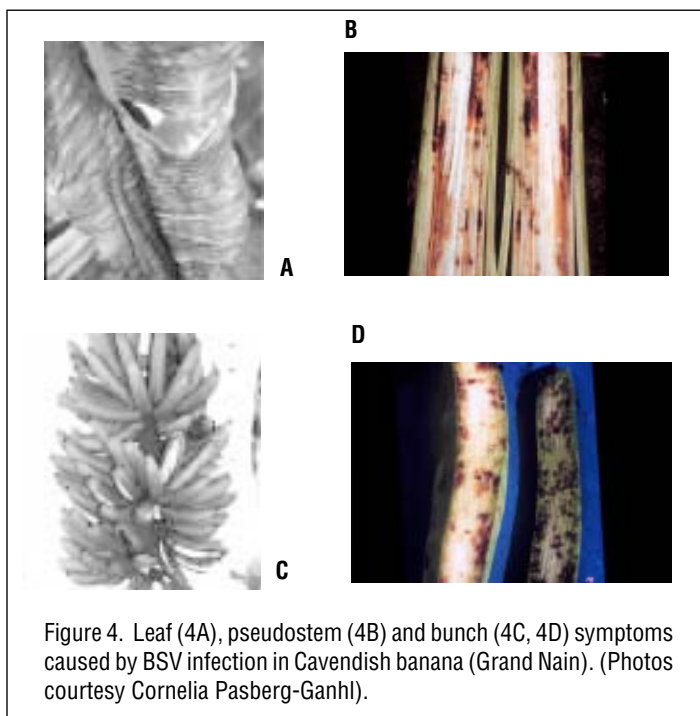
Figure 3. The banana aphid, *Pentalonia nigronervosa* colonizing young banana plant in Colombia. (Photo courtesy Helena Reichel).

which colonizes only banana almost exclusively. As a result, BBTV spreads only from banana to banana and banana is the only source of infection. Since the aphid vector *P. nigronevosa* occurs throughout the banana growing areas of America it is of paramount to exclude BBTV from the region. Introduction of this disease could result in catastrophic losses since most cultivation of banana in this region occurs in pure stands, which would facilitate rapid disease spread by the aphid vector. Because of the increasing globalization of the production and movement of tissue cultured banana plants, greater attention needs to be paid to the exclusion of BBTV from the Americas. Sensitivity reliable methods for BBTV detection should be available, and should be used in all cases. All cultivated *Musa* AA and AAA cultivars are believed to be susceptible to BBTV, while some degree of resistance appears to occur in interspecific A x B hybrids (19). However, AAA genotypes differ in their level of tolerance to BBTV. The Cavendish subgroup, which includes the majority of cultivars grown for export are highly susceptible to BBTV, while others such as Gros Michel are much more tolerant. The susceptibility of particular AAA cultivars to BBTV would therefore have to be considered in assessing the risk of accidental introduction of this virus into New World production areas. Development of BBTV-resistant bananas incorporating viral genomic sequences represents a potentially effective method of BBTV control in both existing and new areas of disease incidence. Whether such genetically modified genotypes would find popular and commercial acceptance remains to be seen.

BANANA STREAK VIRUS

Unlike mosaic and bunchy top, banana streak disease (Figure 4), caused by *Banana streak virus* (BSV) is a relatively new disease of banana (10,11) although there is evidence that it may have been diagnosed previously as a form of mosaic caused by CMV (15). This disease, and the virus that causes it differ significantly

from mosaic caused by CMV and bunchy top caused by BBTV, and approaches to managing this disease are consequently different from those discussed above. Similar to BBTV, and unlike CMV, BSV infects only banana. It can be transmitted by mealybugs (figure 5), which, unlike the aphid vectors of CMV and BBTV do not disperse rapidly or over long distances and there is not too much evidence that significant spread of BSV by mealybug occurs in nature. *Sugacane bacilliform virus* (SCBV) (12) occurs widely in sugarcane (2), is closely related to BSV, and can be transmitted by mealybugs from sugarcane to banana, producing symptoms similar to those caused by BSV. There is however no evidence that significant spread of SCBV from sugarcane to banana occurs in nature, or that the presence of SCBV in sugarcane needs to be considered in the epidemiology and control of BSV infection in banana. Dissemination of BSV occurs primarily in infected planting material, and in the absence of alternate hosts and mobile insect vectors, control of this disease is based on the use of virus free planting materials. This simple premise is however complicated by the fact that for several reasons it may be difficult to detect BSV routinely in plant materials or in the mother plant. Selected



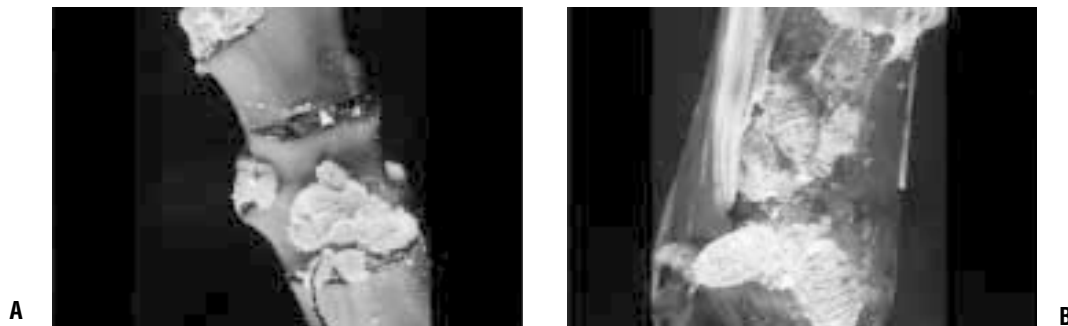


Figure 5. The citrus mealybug, *Planococcus citri* (5A), and the pink sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* (5B), two vectors of BSV.

in vitro propagation. These factors include sporadic and unpredictable appearance of visible foliar symptoms (3, 6) low virus concentration in infected plants and a high degree of serological and generic heterogeneity among isolates of virus (13, 17). Although improvements in the BSV detection is based on enzyme immunoassay and PCR protocols have been described recently, these techniques still suffer from drawback imposed by the highly variable nature of the virus. Because of this reliable detection of BSV remains a problem. An additional and more intractable problems posed by the BSV is the fact that *de novo* infection can arise from viral sequences integrated into the *Musa* genome (9, 18). This unusual phenomena occurs however, only in interspecific *M. acuminata* X *M. balbisiana* hybrids (7), and poses a serious problems for triploid (AAB) and tetraploid (AAAB) hybrids produced in breeding programs during the past ten years. Unfortunately, activable BSV sequences are not present in *M. acuminata* (7), and this phenomenon therefore does not occur in AAA bananas grown for export.

BANANA BRACT MOSAIC VIRUS

Bract mosaic caused by banana bract mosaic virus (BBrMV) was first recorded in the Phillipines in 1979. The virus is known to infect only banana, and can be transmitted in a non-persistent manner by at least three species of aphid, *Aphis gossypi*, *Rhopalosiphum maidis* and *Pentalonia nigronervous*. Infection by BBrMV can result in growth defects, reduced suckering and misshapen, unmarketable fruit, therefore this disease has the potential to cause economic loss (20).

Fortunately, BBrMV like BBTv, is not known to

occur in the new world tropics and has been identified only in the Phillipines, India, SriLanka, Vietnam and Western Samoa. This disease would therefore be most effectively controlled by exclusion. As in the case of BBTv, attention must be paid to the source of imported banana planting material particularly plants produced by *in vitro* propagation. Routine indexing of germplasm for BBrMV infection can be reliable by enzyme immunoassay or RT-PCR.

BANANA MILD MOSAIC VIRUS

Banana mild mosaic caused by *Banana mild mosaic virus* (BanMMV) (Figure 6), is the most recently described viral disease of banana (21), and there is very little information on the potential impact of this disease on banana production. One reason for this is that BanMMV occurs very frequently in mixed infections with BSV or CMV, and possible symptoms and/or effects of BanMMV may be masked. The most distinctive symptoms caused by BanMMV alone consist of fine silvery continuous or discontinuous streak, which are more pronounced at the leaf, tips that towards the

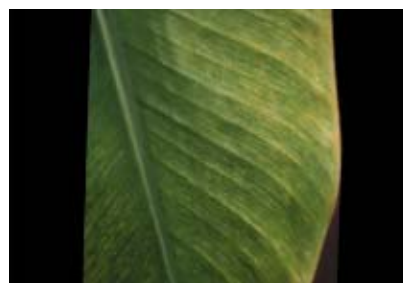


Figure 6. Symptoms caused by BanMMV in Pisang seribu (AAB).

base. As is the case for several other viral diseases of banana these foliar symptoms develop at periods of the year when temperatures are lowest. Although firm experimental evidence is lacking, there are indications that BanMMV infection by itself, or in combination with BSV may have a deleterious effect on growth and productivity of some banana cultivars AAB genotype in particular, and it would therefore be prudent to consider this disease as a potential threat to banana production. There is also very little information on the biology or epidemiology of BanMMV. Banana is the only known host of this virus, and attempts to transmit BanMMV by mechanical inoculation mealybugs (*Planococcus citri*) and aphids (*Pentalonia nigronervosa*) have been unsuccessful, BanMMV is widely distributed (Africa, Australia, Asia, Central and South America and the Caribbean) and therefore exclusion would not be the primary method to control. This virus is most probably spread mainly inadvertently in infected planting material because it is not widely recognized as a potential pathogen of banana. The virus can be detected reliably by both immunoenzymatic and PCR assays, and should be included in the list of potential pathogens during screening of banana germplasm for exchange, propagation and planting.

REFERENCES

1. Bouhida, M. and Lockhart, B. E. (1990) Increase in importance of cucumber mosaic virus infection in green house-grown bananas in Morocco. *Phytopathology* 80, 81.
2. Comstock, J. C. and Lockhart, B. E. (1990) Widespread occurrence of sugarcane bacilliform virus in U.S. sugarcane germplasm collections. *Plant Disease* 74, 530.
3. Dahal, G., Hughes, J. A., Thottappilly, G. and Lockhart, B. E. L. (1998b) Effect of temperature on symptom expression reliability of banana streak badnavirus detection in naturally infected plantain and banana (*Musa* spp.). *Plant Disease* 82, 16-21.
4. Darnell-Smith, G. P. and Tyron, H. (1923) Banana bunchy top disease. *Queensland Agricultural Journal* 19, 32-33.
5. Diekmann, D. R. and Putter, C. A. J. (1996) *Musa*, 2nd edn. FAO/IPGRI Technical Guidelines for the Safe Movement of Germplasm, No. 15, Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, 28 pp.
6. Gauhl, F. and Pasberg-Gauhl, C. (1994) Symptoms Associated with Banana Streak Virus (BSV). Plant Health Management Division, International Institute of tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria, 20 pp.
7. Geering, A. D. W., Olszewski, N. E., Dahal, G., Thomas, J. E., and Lockhart, B. E. L. (2001) Analysis of the Distribution and Structure of integrated *Banana streak virus* DNA in a range of *Musa* cultivars, *Molecular Plant Pathology* 2: 207-213.
8. Hu, J. S., Li, H. P., Barry, K. and Wang, M. (1995) Comparison of dot blot, ELISA and RT-PCR assays for detection of two cucumber mosaic virus isolates infecting banana in Hawaii. *Plant Disease* 79, 902-906.
9. Lafleur, D. A., Lockhart, B. E. L. and Olszewski, N. E. (1996) Portion of the banana streak badnavirus genome are integrated in the genome of its host *Musa* spp. *Phytopathology* 86(11), S 100.
10. Lassoudière, A. (1974) La Mosaïque dite à tirets du bananier 'poyo' en Côte d'Ivoire. *Fruits* 29, 349-357.
11. Lockhart, B. E. L. (1986) Purification and serology of bacilliform virus associated with a streak disease of banana. *Phytopathology* 76, 995-999.
12. Lockhart, B. E. L. (1994b) and Autrey, L. J. C. (1988) Occurrence in sugarcane of bacilliform virus related serologically to banana streak virus. *Plant disease* 72, 230-233.
13. Lockhart, B. E. L., and Olszewski, N. E. (1993) Serological and genomic heterogeneity of banana streak badnavirus: implications for virus detection in *Musa* germplasm. In Ganry, J. (ed.) *Breeding Banana and Plantain for Resistance to Diseases and Pests. Proceedings of the international Symposium and Generic Improvement of bananas for resistance to diseases and pests organized by CIRAD-FLHOR, Montpellier, France, 7-9 September 1992*. CIRAD, Montpellier, France, pp. 105-113.
14. Lockhart, B. E. L. and Jones, D. R. (2000) Banana Mosaic. In D. R. Jones (ed.), *Diseases of Banana Abaca and Enset*. CAB International Wallingford, UK, pp. 256-263.
15. Lockhart, B. E. L., and Jones, D. R. (2000) Banana Streak. In D. R. Jones, (ed.) *diseases of banana, Abaca and Enset* CAB International Wallingford, UK, pp. 263-274.
16. Magee, C. J. P. (1940a) Transmission of infectious chlorosis or heart rot of banana and its relationship to cucumber mosaic. *Journal of the Australian Institute of Agriculture* 6, 44-47.
17. Ndowora, T. C. R. (1998) Banana streak virus: development of an immunoenzymatic assay for detection and characterization of sequences that are integrated in the genome of the host. PhD thesis University of Minnesota, 90 pp.
18. Ndowora, T., Dahal, G., LaFleur, D., Harper, G., Hull, R., Olszewski, N. E. and Lockhart, B. (1999) Evidence that badnavirus infection in *Musa* can originate from integrated pararetroviral sequences, *Virology* 255, 214-220.
19. Thomas, J. E. and Iskra-Caruana, M. L. (2000) Bunchy Top. In D. R. Jones, ed. *Diseases of Banana, Abaca and Enset*, CAB International, Wallingford, UK, pp 241-253.
20. Thomas, J. E., Iskra-Caruana, M. L., Magnaye, L. V., and D. R. Jones., (2000) Bract Mosaic In: Jones, D. R. (ed) *Diseases of Banana, Abaca and Enset*, CAB International, Wallingford, U.K., pp. 253-255.
21. Thomas, J. E., Lockhart, B. E. L., and Iskra-Caruana, M. L. (2000). Banana Mild Mosaic. In D. R. Jones, (ed.) *Diseases of Banana, Abaca and Enset*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 275-279.

Manejo integrado de arvenses en plantaciones de banano (Musa AAA)

Integrated management of weeds in banana plantation (Musa AAA)

Carlos Pinilla Gallego*, Jhon García Cardona*

1 ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL

Durante muchos años el control de malezas en plantaciones de banano en las zonas de Urabá y Magdalena (Colombia), estuvo orientado exclusivamente a la aplicación de herbicidas, su uso ha sido indiscriminado, pues el productor y las recomendaciones técnicas pretendían mantener la plantación totalmente libre de malezas. Se utiliza para ello, ciclos calendario de aplicación de herbicidas postemergentes de contacto y sistémicos; hasta hace dos años era común encontrar fumigadores asperjando superficies con ausencia total de malezas. Estimaciones recientes afirman, que en la zona de Urabá se aplican 981.000 litros de herbicidas al año (Bareño y Clavijo, 1999), situación que evidencia claramente el abuso que se ha cometido con estos productos químicos.

Esta condición de suelo desnudo, sumado a condiciones climáticas bien especiales (Precipitaciones cercanas a los 3.000 mm y periodos definidos de verano - Urabá), ha generado en los agroecosistemas bananeros una serie de impactos negativos a nivel agronómico y ambiental, algunos absolutamente identificados mediante investigaciones muy serias y otros, con efectos todavía no advertidos. Entre ellos se pueden citar:

1. Altas tasas de erosión.
2. Desgaste físico del perfil del suelo (remoción de elementos químicos)
3. Disminución sensible de la materia orgánica
4. Disminución capacidad infiltración del suelo.
5. Perturbación de los microorganismos existentes en el suelo y la fauna benéfica asociada al cultivo

6. Intoxicación del cultivo por la aplicación de herbicidas solos o en mezcla con productos para el control sigatoka.
7. Alta sedimentación de la red de drenajes existente.
8. Aumento en la lixiviación de bases intercambiables
9. Aumento temperatura del suelo
10. Disminución humedad del suelo
11. Menor absorción de Fósforo
12. Incremento problemas sanitarios
13. Susceptibilidad de las plantaciones a las oscilaciones climáticas.
14. Inhibición significativa de los procesos de nitrificación y amonificación en los suelos (herbicidas).
15. Disminución macroporosidad y aumento microporosidad.

En la zona de Urabá, técnicos y productores ven con preocupación, como los factores arriba mencionados, parecen estar generando una pérdida progresiva del vigor en las plantaciones bananeras, situación que ha desembocado en un sensible aumento de la fertilización orgánica y mineral, con el fin de mantener la productividad de las fincas.

Soto (2001) comenta al respecto, las plantaciones de banano se convierten en áreas de suelo arrasado y desnudo, desaparece la materia orgánica y se disminuye la acción microbiológica en el suelo; es a partir de este momento en que se inician graves problemas de nutrición para las plantas de banano y aunque tecnológicamente se avanza muchos en otros campos, se hace necesario abandonar áreas significativas del cultivo en la zona atlántica de Costa Rica. Es posible asegurar, que

* Comercializadora Internacional Uniban S.A. C.I. UNIBAN S.A. Dirección Agricultura. Apartadó, Antioquia, Colombia. Tel: (094) 8280270; Fax (094) 8280234; Movil: 5800666; E-Mail: cpinilla@uniban.com.co; Web: www. Uniban.com

parte importante de los problemas de nutrición en los cultivos de banano de esa región se debe a intoxicaciones por herbicidas, solos o en interacción con los funguicidas utilizados para el control de sigatoka, tal es el caso comprobado de la Ametrina y el Tridemorph y muy posiblemente del Tridemorph con el Diuron, de uso generalizado por algunos productores.

No obstante en la zona de Urabá y especialmente en las fincas adscritas a la Comercializadora Unibán S.A., la actividad viene manejando en algunas áreas un concepto radicalmente diferente, donde se ha integrado el control mecánico y manual, el uso racional de herbicidas (desmonte de ciclos y mejores técnicas de aplicación), la protección de las arvenses benéficas, el uso eficiente de los residuos de cosecha y el manejo adecuado de la densidad poblacional, con el fin de mantener las arvenses dentro de umbrales de interferencia que no causen efectos detrimentales sobre la producción.

Soto (2001) señala al respecto, consecuencia de la contaminación ambiental producida por los herbicidas y la pérdida de biodiversidad por la eliminación total de las malezas, se ha encontrado en las plantaciones bananeras de Costa Rica con más de 10 años de edad, un deterioro en el vigor de las plantas, ocasionado en parte por baja asimilación de nutrientes e incremento de enfermedades y plagas propias del cultivo. Es por ello que el control de malezas ha sido revisado, y un buen número de herbicidas han sido eliminados del cultivo del banano, y para los pocos en uso, se han reducido los ciclos a 8, 2 y hasta 0 por año. Existe un número importante de productores que por más de 3 años han eliminado en su totalidad el uso de herbicidas, con buen éxito en la producción y haciendo que esta sea más sostenible.

El manejo integrado de arvenses, debe enfatizar en una intervención mínima-particularmente, por cuanto respecta a los herbicidas y resaltar la bondad de los métodos mecánicos y manuales, igualmente al conocimiento muy profundo de las especies a controlar y al manejo de mecanismos reguladores naturales, tanto biológicos como culturales. Esta es la clave de la preferencia del termino manejo de malezas sobre control de malezas. El termino manejo implica la continuación de la maleza dentro de un sistema equilibrado que el mismo impone control, mientras que el control

sugiere una intervención directa con escasa preocupación por la sostenibilidad.

2. IDENTIFICACIÓN DE LA FLORA ASOCIADA A PLANTACIONES DE BANANO EN URABÁ Y MAGDALENA (COLOMBIA)

La base para definir estrategias de manejo acordes a los principios de sostenibilidad que rigen la naturaleza actual de los cultivos, fue realizar un completo reconocimiento de la flora asociada a las plantaciones de Banano en Colombia. Aunque ya se habían generado algunos listados para estas dos zonas, estos poseen grandes vacíos, desde el punto de vista de la densidad de especies a reseñar y el señalar ciertas arvenses como muy problemáticas en el entorno general, cuando en realidad no lo son, como es el caso de las especies *C. rotundus* y *C. dactylon*, pues existen en una bajísima proporción, especialmente en la zona de Urabá.

En un trabajo iniciado a finales del año 1997 y terminado a principios del 2000, se realizó un inventario de la flora asociada a las plantaciones de banano de exportación en Colombia. Para tal fin, se seleccionaron fincas ubicadas estratégicamente en los ejes bananeros de Urabá y Magdalena. El total de área valorada ascendió a cinco mil (5.000) y mil (1.000) hectáreas respectivamente. El total de arvenses inventariadas fue de ciento ocho (108) para la zona de Urabá y cincuenta y uno (51) para la de Magdalena. Adicional a este listado, se genero una relación adicional de malezas que tienen una frecuencia de aparición muy baja. Asimismo, a cada especie identificada, se le realizó una completa descripción botánica, que incluye las características de raíz, tallo, hoja, fruto y semilla, también se incluyo su ciclo de vida y medios de propagación. Finalmente, se indico si la arvense esta reportada como hospedera de plagas y enfermedades.

Inicialmente se hizo una determinación local de las especies recolectadas (claves), luego para validar la calidad del reconocimiento, las muestras fueron enviadas al herbario de la Universidad Nacional, seccional Medellín; debido a que algunas arvenses tuvieron dificultad para ser identificadas, especialmente algunas especies de hoja angosta, se remitieron a los herbarios de la Universidad del Tolima y la Universidad Nacional Seccio-

nal Bogotá, donde finalmente fueron identificadas.

El cuadro 1 contiene un listado de las principales especies de arvenses asociadas con plantaciones de banano en las zonas de Urabá y Magdalena, Colombia. Todas ellas son reconocidas como plantas que interfieren con las actividades agrícolas, no solo en plantaciones de banano sino de otros cultivos. Los listados de malezas que generalmente se hacen para un país o región no indican el grado de importancia de ellas y esta información es necesaria para definir los programas de manejo, por esta razón se trato de agrupar las malezas más importantes, asociadas al cultivo en las zonas de Urabá y Magdalena, considerando los factores densidad, cobertura, nocividad y frecuencia.

Adicional al trabajo de identificación, se trato de ubicar las arvenses, por zonas geográficas. Las malezas fueron ubicadas por zona de incidencia, teniendo en cuenta límites geográficos ya establecidos, la estratificación de las zonas, obedeció a la variable precipitación. Cada una de las zonas productoras de banano de exportación en Colom-

bia (Urabá y Magdalena) fue dividida en tres grandes subzonas. Los datos de precipitación obedecen a promedios históricos.

Zona Urabá

- Subzona baja: Entre coldesa y la margen derecha del río Grande (2300 mm).
- Subzona media: Entre la margen izquierda del río Grande y la margen derecha del río Vijagual (2500 mm).
- Subzona alta: Entre la margen izquierda del río Vijagual y la zona aledaña a la margen izquierda del río Chigorodó (3000 mm).

Zona Magdalena

- Subzona baja: Corresponde a todo el sector conocido como la aguja (900 mm).
- Subzona media: Corresponde a los sectores de Río Frío y Orihueca (1150 mm).
- Subzona alta: Corresponde a los sectores de Sevilla y Aracataca (1450 mm).

El tipo de arvenses para una plantación determinada, depende de sí la plantación fue desarro-

CUADRO 1. Arvenses asociadas al cultivo del banano que por frecuencia, densidad, cobertura y nocividad son consideradas las más importantes económicamente en las zonas de Urabá y Magdalena –Colombia.

Especie	Familia
<i>Echinochloa colonum</i> (L.) Link.	Poaceae
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop	Poaceae
<i>Leptochloa filiformis</i> (Lam.) P Beauv.	Poaceae
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	Poaceae
<i>Paspalum virgatum</i> L. *	Poaceae
<i>Panicum trichoides</i> Sw.	Poaceae
<i>Paspalum paniculatum</i> L.	Poaceae
<i>Paspalum conjugatum</i> Bergius	Poaceae
<i>Axonopus compressus</i> (Sw.) Beauv. *	Poaceae
<i>Panicum cf antidotale</i> Retz. *	Poaceae
<i>Panicum polygonatum</i> Scharb. *	Poaceae
<i>Cyperus luzulae</i> (L.) Retz. *	Cyperaceae
<i>Cyperus ochraceus</i> Vahl	Cyperaceae
<i>Torulinum odoratum</i> (L.) Hooper.	Cyperaceae
<i>Fymbristylis dichotoma</i> (L.) Vahl	Cyperaceae
<i>Mariscus flabelliformis</i> (Spreng) H.B.K. *	Cyperaceae
<i>Triopogandra cum anensis</i> (Kunth) W.	Commelinaceae
<i>Commelina diffusa</i> Burm. F.	Commelinaceae
<i>Murdannia nudiflora</i> (L.) Brenan.	Commelinaceae
<i>Dieffenbachia</i> spp. *	Araceae
<i>Heliconia</i> sp. *	Heliconiaceae

* No reportadas para la zona bananera del Magdalena.

Especie	Familia
<i>Synedrella nodiflora</i> (L.) Gaertn. *	Asteraceae
<i>Melampodium divaricatum</i> (Rich) DC	Asteraceae
<i>Amaranthus dubius</i> Mart.	Amaranthaceae
<i>Cyathula postrata</i> (L.) Blume *	Amaranthaceae
<i>Euphorbia hypericifolia</i> L.	Euphorbiaceae
<i>Euphorbia hirta</i> L.	Euphorbiaceae
<i>Spermocoe latifolia</i> Aubl. *	Rubiaceae
<i>Portulaca oleracea</i> L.	Portulacaceae
<i>Ipomoea trifida</i> (H.B.K.) G. Don.	Convolvulaceae
<i>Momordica charantia</i> L.	Cucurbitaceae
<i>Anguria</i> sp.	Cucurbitaceae
<i>Photomorphe peltata</i> (L.) Miq.	Piperaceae
<i>Piper marginatum</i> Jacq.	Piperaceae
<i>Cecropia</i> sp.	Moraceae
<i>Cissus sicyoides</i> L.	Vitaceae
<i>Pityrogramma calomelanos</i> (L.) Link.	Pteridaceae
<i>Ruellia</i> sp. <i>Aff colombiana</i> Leonard *	Acanthaceae
<i>Ludwigia</i> sp.	Onagraceae
<i>Sarcostemma glaucum</i> H.B.K. *	Asclepiadaceae
<i>Crinum erubescens</i> Ait. *	Amaryllidaceae

llada a partir de un rastrojo, de potreros establecidos o de un bosque. En cada caso, las malezas serán diferentes y su manejo será variado, sin embargo cuando la plantación esta totalmente desarrollada, se establecerán las malezas que mejor se adapten a las nuevas condiciones. De ahí, que se generaran listados adicionales, que permitieran conocer con certeza, que flora estaría asociada a plantaciones recién establecidas (plantillas), procedentes de áreas que eran potreros y rastrojos en la zona de Urabá. Finalmente, se genero una lista de la flora comúnmente asociada a plantaciones que establecen prácticas de control mecánico y manual.

3. INTERFERENCIA ENTRE ARVENSES Y EL CULTIVO

Muller (1969), citado por Kogan (1992), sugirió el uso del término interferencia para referirse al conjunto de todos los efectos perjudiciales producidos por una planta sobre otra, incluyendo de esta forma los efectos alelopáticos y los competitivos. Las malezas afectan directa e indirectamente el desarrollo de los cultivos, mediante un proceso de interferencia que incluye la competencia por agua, luz, espacio, nutrimentos, y la alelopatía, que es el fenómeno mediante el cual, las malezas liberan sustancias tóxicas que dificultan o impiden el crecimiento normal de las plantas de cultivo. Generalmente, el efecto más notorio de estas interferencias es la disminución de los rendimientos pues, en algunas ocasiones, los síntomas de la competencia pueden pasar inadvertidos durante el ciclo inicial de crecimiento.

Las arvenses también interfieren con el cultivo, al constituirse en hospederas de plagas y enfermedades. En plantaciones en banano, es bien conocido que especies como *E. sonchifolia*, *S. nigrum*, *P. peltata*, entre otras, son hospederas de la bacteria causante del *moko*, *Ralstonia solanacearum*. Igualmente se conoce con certeza, que varias de las arvenses identificadas en las zonas de Urabá y Magdalena, son hospederas de nemátodos, plagas del fruto y trips, los cuales son causales de una baja en los rendimientos.

En el banano, como en las demás explotaciones agrícolas, las arvenses se consideran un enemigo de primer orden. Algunos autores consideran que causan más daño a los cultivos que las plagas

o enfermedades; esto a primera vista no parece cierto, debido a que la incidencia de las malezas, es menos espectacular y visible.

Soto *et al* (1985) indican, que el grado de competencia se origina por la coincidencia de sistemas radicales y que se acentúa en perjuicio de la planta, por características propias de las malas hierbas, tales como proliferación, rusticidad, resistencia, desuniformidad y otros factores que le permiten una mayor adaptación.

La presión de competencia que las malezas ejercen en especies frutales sobre los factores de producción (agua, luz y especialmente nitrógeno) será lógicamente mayor en plantaciones recién establecidas o jóvenes. Sin embargo, es común prestar más atención a las plantaciones en producción, pese a que el daño por competencia, como ya se dijo, es mucho mayor en plantas jóvenes (Kogan, 1992).

Las malezas al interferir con las plantas de banano y plátano, provocan su crecimiento lento, con pocos hijos, retraso de la floración que alarga el ciclo del cultivo y bajos rendimientos (Rodríguez, 1984; Cayón *et al*; 1992; COPR, 1977; Citados por Fuentes, 2000). Además, dificultan otras labores como la aplicación de fertilizantes, el desmache, los deshojes, la cosecha, entre otros.

Nieto (1968), Kasasian y Seeyave (1969), Seeyave y Phillips (1970) y Ureña (1982), citados por Soto (2001), destacan la importancia de las malas hierbas por su interferencia en la planta de banano en los primeros estados de crecimiento. Ureña (1982), citado por Soto (2001), encontró un alargamiento en la edad de floración, en plantas interferidas por malas hierbas.

Con relación a la alelopatía, es importante señalar que existe un gran número de interacciones en cuanto a la zona radicular de las diferentes especies, a las que por lo general no se les ha dado su debida importancia, sin embargo, hay considerables evidencias de antagonismo entre plantas cultivadas y malezas. La multitud de sustancias orgánicas secretadas o excretadas por las plantas, tanto como el gran número de sustancias que provienen de la degradación de éstas en el suelo, forman parte de una fantástica guerra de acciones e interacciones (Kogan, 1992).

El concepto distingue con nitidez la alelopatía de la competencia, ya que ésta última significa la reducción de algún factor del medio ambiente,

necesario para el normal crecimiento de otra planta; la alelopatía al no alterar ninguno de estos factores no es por lo tanto un fenómeno competitivo, sino que añade al medio un nuevo factor de naturaleza química. El modo de liberación de un agente alelopático depende de su naturaleza química.

Las plantas superiores liberan regularmente compuestos orgánicos por volatilización de sus superficies y a través de lixiviados de hojas y exudados de raíces. Eventualmente, los constituyentes químicos de todos los organismos son liberados al entorno a través de procesos de descomposición, incorporándose a la matriz del suelo. Por tanto existen cuatro vías principales de liberación al entorno de los aleloquímicos; estos son: Volatilización, lixiviación, exudados radiculares y descomposición de residuos vegetales (Sampietro, 2002).

Sin duda, el rol de la alelopatía en plantaciones de banano tiene una notable influencia, debido a los volúmenes tan grandes de residuos vegetales que se generan año tras año y a las nuevas asociaciones cultivo - coberturas vegetales, que se están generando en algunas zonas productoras de banano en el mundo, entre ellas Colombia.

No obstante lo anterior, la visión con respecto a las malezas en plantaciones perennes, caso el cultivo del Banano, viene manejando un concepto totalmente diferente, sobretodo lo referente a la competencia, ya no todo es perjudicial en las arvenses, ya que algunas permiten una buena cobertura del suelo que evita la erosión, otras protegen al suelo y raíces del cultivo de los productos químicos y de las condiciones climáticas extremas, en los canales por ejemplo, son excelentes preservadoras de los taludes. Así mismo, las malezas adicionan materia orgánica al suelo y permiten el reciclaje y conservación de los minerales del suelo; algunas fijan nitrógeno, y todas ayudan a mantener el equilibrio natural, tan esencial en la naturaleza.

Hoy en día las malezas son consideradas, por su arquitectura radicular, como un agente de estructuración y aireación, así como un reservorio de nutrimentos en el mediano y largo plazo. Este tipo de manejo ha permitido en muchos casos aumentar los coeficientes de infiltración del agua superficial en suelos con problemas de compactación superficial. Trabajos desarrollados por Serrano y Bolaños (1998), citados por INIBAP (1998) señalan,

que la infiltración básica medida en cm/hr pasa de 58.0 a 117.6, cuando se cambio de control químico a mecánico (Typic Haplaudand).

De la cruz *et al* (1999), citados por Soto (2001), encontraron que una cobertura de malezas entre 40 a 70 % del suelo, ayuda a retener y reducir la lixiviación de Ca^{+2} , Mg^{+2} , NO_3 y K^+ entre un 40 y 58% aproximadamente. El NO_3 mas claramente retenido, mientras que la retención del K^+ fue difícil de apreciar. Primavesi (1982), asegura que los lixiviados de las raíces de las gramíneas son un poderoso agente de estructuración, igualmente, con sus sistemas radicales superficiales ayudan a la oxigenación de los suelos, al romper costras superficiales en éste. En sistemas de siembra modernos, como es la manejo de los *Domos*, es ineludible la protección del suelo por algún medio, esto para disminuir la erosión, la cual es muy significativa en este tipo de explotaciones.

Se conoce con certidumbre, que la competencia que ejercen las arvenses en plantaciones establecidas, es limitada, si se tienen bajo control ciertas variables (Población, distribución, retorno y uso eficiente de los residuos de cosecha), no obstante, este grado de limitación puede variar, dependiendo de como se comporten estas variables, es así como un buen número de plantaciones en la zona de Urabá, tiene inconsistencias con la distribución de las unidades productivas, sumado a otras que manejan densidades de población muy bajas, algunas encamellonan los residuos de cosecha, todos estos factores, permiten la entrada de luz en algunos sectores, igualmente, el problema surge cuando se tienen malezas que parecen ser muy competitivas bajo condiciones de sombra, como es el caso de *D.sanguinalis*, ya que se requiere controlarlas aún cuando la plantación haya cerrado, finalmente es importante valorar el efecto de la cosecha, ya que permite que la luz llegue de nuevo al suelo. La densidad poblacional, es fundamental al considerar aspectos de intensidad de la interferencia; fallas en este sentido, permitirán que la invasión de las malezas sea más severa.

Vera (1999) señala al respecto, el concepto de malezas, compitiendo por nutrientes, espacio y luz con las plantas de banano y plátano, estaría justificado para el inicio de estos cultivos, en la siembra; pero en plantaciones establecidas con buena densidad, distribución, la acción combinada de altura de plantas, sistema radicular, sombra, etc.,

deberá permitir modificar el concepto de esta competencia limitada a una más real como es, de malezas obstaculizando por altura o por espacio las normales labores de estos cultivos e integrándola al moderno manejo de suelos tropicales, como lo es la cobertura de suelos.

Igualmente es importante precisar, que el cultivo del Banano en el entorno nacional y aún mundial, comparado con otras explotaciones agrícolas, ha tenido muy poca investigación en el área de malherbología. Se dispone de muy poca investigación que conduzca a una verdadero conocimiento de la influencia de los efectos de la interferencia, efectos de períodos de competencia y densidad de malezas que conduzcan a la determinación de umbrales, de igual forma se conoce muy poco sobre el impacto en la productividad.

3.1 Periodo crítico de competencia entre cultivos y maleza (PCC)

Los trabajos de Cayon *et al.* (1992 y 1994), citados por Fuentes (2000), son quizás las únicas referencias existentes en Colombia que han intentado medir el efecto de período de interferencia de las malezas en musáceas, específicamente plátano. Esta información es necesaria para diseñar un programa de manejo de malezas en el cultivo del banano.

Para las condiciones de las zonas bananeras de Urabá y Magdalena (Colombia), no se conoce el periodo crítico de competencia, ni la verdadera influencia que pueda tener la duración de los intervalos de desyerbe, situación que deberá ser tenida muy en cuenta, en los futuros programas de investigación en el área de manejo de malezas en el cultivo del banano.

3.2 Costos del manejo de malezas

De acuerdo a la estructura de costos propuesta por la Asociación de Bananeros de Colombia (Aurgura) para el año 1999, la participación del control de malezas bajo el enfoque químico (aplicaciones calendario) en el total de los costos, incluyendo mano de obra e insumo, esta alrededor del 1,25%. El costo del control mecánico y manual siempre se ha estimado por encima de la propuesta del control químico, debido a un aumento significativo en la mano de obra.

4. PRINCIPIOS GENERALES SOBRE MANEJO INTEGRADO DE ARVENSES EN PLANTACIONES DE BANANO

Existen varios métodos para el manejo de malezas, por lo tanto no es aconsejable el uso de uno solo, lo razonable es la combinación de las diferentes prácticas culturales, manuales, mecánicas y químicas, las cuales se agrupan de acuerdo con las finalidades en tres sistemas denominados, prevención, erradicación y manejo.

La prevención consiste en evitar la introducción, establecimiento y diseminación de las malezas en lugares donde normalmente no ocurren; esta se puede entender en el ámbito nacional, regional o local (dentro de lotes de una finca). La erradicación es deseable, aceptable y practicable cuando la infestación esta confinada a un área determinada, generalmente pequeña, así mismo, en caso de que las malezas a controlar sean extremadamente nocivas e impidan cualquier labor de cultivo, de igual forma, en escasas posibilidades de reinfestación y cuando la disponibilidad económica del agricultor lo permite, tal es el caso de algunas *Aráceas* maleza en la zona de Urabá.

Finalmente el manejo, considera todos aquellos tratamientos que combinan adecuadas prácticas culturales, mecánicas, manuales, y el uso racional de herbicidas, encaminados a reducir al mínimo la competencia y otros efectos negativos que la maleza ejerce sobre el cultivo y sobre las labores agrícolas.

4.1 Control cultural

Comprende todas aquellas prácticas que aseguran el desarrollo vigoroso del cultivo y que le permiten competir favorablemente con las malezas. Ellas son: buena preparación y nivelación del suelo, adecuación de una completa red de drenajes (superficial y profundo), uso de buena semilla, selección adecuada de la variedad de acuerdo a las características del suelo y clima, densidad y distribución óptima, siembra oportuna, control de plagas y enfermedades, oportuna irrigación cuando es necesaria, adecuado manejo de los residuos de cosecha y niveles ajustados de fertilización orgánica y mineral.

Dentro de las formas utilizadas, la más eficiente, fácil y económica es el sombreado. La mayoría de

las malezas no lo resisten, por lo que es conveniente el manejo de una población de plantas de banano, que dificulte el desarrollo normal de las malezas. Poblaciones normales para un clon determinado, deberían controlar las malezas por sombreo en cerca de un 70 %. (Soto, 1985). Sin duda, la acción conjunta de densidad y distribución poblacional, se constituye en un factor de primer orden, en la predominancia de las malezas.

En suelos bajo cultivo intensivo de banano, anualmente se incorporan grandes contenidos de residuos vegetales producto de las cosechas, deshojas, deshojes y otras labores agrícolas. A través de los procesos de mineralización, sobre dichos residuos, por la actividad biológica presente en los suelos, se inicia la liberación paulatina de los nutrientes, los cuales de nuevo son utilizados por las raíces de las nuevas plantas para su nutrición, completándose el reciclamiento de los nutrientes en este cultivo (Vargas y Flores 1995). Lo anterior resalta la bondad de los residuos vegetales como aportante de elementos nutricionales, sin embargo, es esencial anotar, que los residuos ejercen una notable influencia, ya que se convierten en una cubierta protectora de la superficie del suelo, igualmente en la mejor prácticas de control de malezas. No obstante, se presentan un caso bien particular, aunque en una menor proporción, si se le compara con las prácticas desarrolladas años atrás, donde los residuos de cosecha son encamellonados (dispuestos en el centro de las calles), justificado básicamente por la “estética” que se le quiere dar a la plantación, esto por supuesto, le trae grandes perjuicios al cultivo.

La prácticas consiste, en esparcir sobre el suelo, hojas, pseudotallos, hijos, rebrotes, bacotas, vástagos, gajos y plantas repicadas durante la cosecha, de un modo bastante cuidadoso y ordenado para que la superficie quede permanentemente cubierta, sin comprometer el área de plateo de la planta, esto para facilitar las labores de fertilización y desmache. No se incluye en el grupo de residuos vegetales, el material resultante de las desyerbas mecánicas y manuales, ya que se corre el riesgo de diseminar aún más las semillas producidas por las malezas.

Los efectos benéficos de esparcir los residuos vegetales son diversos y tienen relación con todas las características del suelo. En lo físico, en razón de la cubierta protectora, en lo químico, al produ-

cirse la transformación o mineralización del material aplicado, y biológico, al conseguir una acción integral que mejora las condiciones físicas, aumenta la cantidad de nutrimentos disponibles y favorece los fenómenos de antibiosis (Guerrero, 1998).

Otro aspecto que merece especial importancia, es la siembra de coberturas vivas entre las calles, particularmente de leguminosas, además de aportar nitrógeno, cubre el suelo con los beneficios consecuentes, de evitar la erosión y de ocupar el espacio que de otra manera sería ocupado por las malezas. Las leguminosas siguientes están reportadas como especies de cobertura vivas: ***Pueraria phaseoloides***, ***Desmodium ovalifolium***, ***centrosema spp*** y ***Arachis pintoii*** (Galán – Saucó, 1992, Corpoica, 1998, citados por Fuentes, 2000).

Otros investigadores hacen alusión a estudios realizados en Panamá en los cuales se evaluaron la fertilidad del suelo y el efecto de la inoculación con ***Rhizobium*** a leguminosas, en donde los resultados destacan la leguminosa ***Arachis sp*** y ***Desmodium ovalifolium*** como las más factibles de utilizar. Las especies de ***centrosema*** fueron descartadas por alta incidencia de enfermedades y otras por poca cobertura y susceptibilidad a plagas. ***Phaseolus sp*** fue descartada porque se enreda en las plantas de banano. Además consideran que la inoculación de leguminosas no es necesaria en suelos fértiles o medianamente fértiles. Una de las leguminosas introducidas en el cultivo del banano en Urabá, es la especie ***Arachis pintoii***, conocida como maní forrajero, aunque se han tenido experiencias con el ***Kudzu*** y ***Cannavalia***, aparentemente sin muy buenos resultados.

Argel y Villarreal (1998) comentan al respecto, el uso en cultivos de banano ha sido cuestionado en Costa Rica porque el maní es hospedero de nemátodos de la raíz en este cultivo, y se piensa que esto puede afectar la productividad del banano en el mediano plazo; sin embargo, estudios concluyentes no han sido reportados al respecto hasta la fecha.

Por el contrario, Pérez (1997), citado por Argel y Villarreal (1998) encontró después de cuatro ciclos de cosecha de banano cv. Gran Enano con cobertura de los cvs. Maní mejorador y Porvenir, valores significativos mayores de área foliar, peso del racimo y número de manos por racimo, en comparación con el testigo sin cobertura. En este

caso el maní se sembró tres meses después de establecido el banano y no se reporta competencia por nutrientes entre las dos especies, contrario a lo reportado por Vargas (1997) en banano y plátano establecidos en un área de una accesión diferente de *A.pintoi* (CIAT 187478), de seis años de edad. Aquí el maní redujo el crecimiento y vigor inicial de los cultivos, lo cual estuvo asociado con menores niveles foliares de P, Mn, y K en los mismos. Pareciera que el maní perenne compite fuertemente con nutrientes si se establece en forma simultánea con cultivos perennes, o inicialmente cuando se plantan cultivos en áreas ya establecidas con la leguminosa.

En estudios realizados en Colombia por Ceni-banano (Mejía y Gómez, 1998), evaluaron el maní forrajero (*A.pintoi*) como planta de cobertura vegetal de suelos en la zona bananera de Urabá. Entre las conclusiones de este estudio se pueden resaltar, que el maní forrajero (*A.pintoi*) no tolera la sequía prolongada, tiene resistencia a la humedad, pero las condiciones de encharcamiento prolongado afectan su vigor e inducen clorosis. Se encontró además, que la sombra de las plantaciones bananeras afecta el establecimiento del maní inoculado con *Rhizobium* y que el pisoteo generado por las labores culturales afecta levemente el vigor y permanencia del maní forrajero establecido. Finalmente, que es lo mismo utilizar cinco, diez, o quince kilos de semilla de este maní por hectárea, para lograr casi un 100% de cobertura del suelo.

A conclusiones similares han llegado varios productores en la zona de Urabá, luego de introducir la leguminosa en sus plantaciones, principalmente lo referente a la sombra y su influencia en el crecimiento y vigor del maní, no obstante, faltan muchos estudios para validar esta y otras situaciones, igualmente se debe iniciar las investigaciones correspondientes, para introducir nuevas leguminosas. Entre las especies promisorias están *Desmodium ovalifolium*, *Desmodium hetrocarpum* y *Stylozanthus guianensis*.

Sin embargo, Fisher y Cruz (1995) citados por Bareño y Clavijo (1999) comentan, que una vez establecida la cobertura (*A.pintoi*) son varios los factores que contribuyen a su persistencia, como son grandes volúmenes de semilla subterránea, plántulas vigorosas, estolones procumbentes, invasión fácil de cualquier suelo descubierto, hábito de crecimiento prostrado, desarrollo rápido de un alto

índice de área foliar, tolerancia a la sequía y a la inundación. Además, su utilización en cultivos perennes se favorece, por la capacidad para crecer mejor bajo la sombra, por la rápida recuperación del índice del área foliar después de la destrucción de la parte aérea y porque el daño o la fractura causada por el paso permanente es insignificante. En general, debido a sus hábitos de regeneración, esta especie tiene una alta capacidad para persistir y resistir los efectos del mal manejo.

Por otra parte, Argel y Villarreal (1998) afirman, una vez establecido el maní, tolera encharcamientos del suelo por periodos cortos. También tolera la sombra y debido al crecimiento vigoroso inicial, es recomendado como cultivo de cobertura en plantaciones permanentes. El alto desarrollo estolonífero del maní cv. Porvenir, hasta 555 estolones/m² a los tres meses de edad en condiciones de trópico húmedo, le favorece en programas de conservación de suelos (CIAT, 1990; citado por Argel y Villarreal (1998).

4.2 Control manual y mecánico

La práctica se soporta en una constante permanencia de un complejo indiscriminado de malezas haciendo cobertura, entre las cuales se encuentran malezas de hoja ancha y angosta, que periódicamente son cortadas para su mantenimiento. Estos métodos comprenden la eliminación de las malezas por medio de arranque manual o con equipos mecánicos. El primero, es un método práctico y eficaz, el cual se hace directamente con la mano o con el uso de implementos como el machete; el segundo, se realiza con equipos mecánicos como la guadaña.

La limpieza manual o mecánica entre calles, se ha denominado como “chapeo” y la limpieza de la unidad de producción, como “plateo”. Las plantaciones que han establecido en la zona bananera de Urabá (Colombia) labores de chapeo, lo realizan generalmente cuando las malezas han alcanzado una altura promedio de 45 cm, este se realiza a una altura de 5 cm del suelo; en términos de tiempo corresponde a un periodo de entre 4 a 6 semanas, sin embargo, la flexibilidad de estos ciclos, depende de las condiciones climáticas existentes y de la flora de malezas asociada al cultivo. No obstante, se presentan plantaciones que logran intervalos superiores a 10 semanas, debido a una fuerte presencia de arvenses benéficas, también

hay casos, donde se han visto fuertemente presionadas por malezas de hoja angosta, obligando a acortar demasiado los intervalos, o retornar en un caso extremo al control químico. La práctica del plateo, es realizada dos o tres veces al año por medios químicos o manuales, se hace básicamente para realizar las labores de fertilización y facilitar el trabajo del desmachador. Algunas plantaciones, han optado por aplicar el fertilizante directamente en la zona de plateo, produciendo el efecto de quemado de la flora en ese sector.

Algunos autores no recomiendan la utilización de herbicidas en aplicaciones postemergentes durante los cuatro primeros meses de sembrada la plantación, por el riesgo de causar daños al tratar de controlar las malezas que crecen cerca de las plantas. Al respecto, C.I. UNIBAN S.A. (1995), en su manual de recomendaciones para programas de renovación de plantaciones, comenta que en el caso de siembras nuevas o plantillas, la competencia es mucho más severa, teniendo en cuenta que se crea condiciones favorables para el crecimiento de las malezas, por lo cual un control de malezas oportuno y el método adecuado, se hacen indispensables para el buen inicio y desarrollo de la plantación, se sugiere que durante las primeras 20 semanas se controlen las malezas únicamente por medios mecánicos o manuales, sin embargo, la utilización de herbicidas no se descarta del todo si se usan técnicas de aplicación (equipos y boquillas) que garanticen el no contacto con las plantas de banano. En plantaciones establecidas, a diferencia de otros frutales tropicales donde se presenta un desarrollo vegetativo y reproductivo homogéneo, se observa una competencia constante, ya que simultáneamente se pueden encontrar plantas en diferentes estados de desarrollo (puyones, resiembras, plantas sin parir, etc.).

El uso de implementos manuales y mecánicos de control de malezas, son necesarios o aún ventajosos en muchas situaciones, son métodos prácticos y eficaces de muy buenos resultados sobre la mayoría de plantas anuales y bianuales, inclusive plántulas de malezas perennes, las cuales no pueden regenerarse a partir de estructuras vegetativas que quedan enterradas en el suelo, tal como sucede en la mayoría de malezas perennes establecidas. En términos generales, las dicotiledóneas anuales son mejor controladas que las monocotiledóneas por medio del chapeo.

Es importante hacer hincapié en la forma oportuna de realizar el control manual o mecánico, ya que esta labor, practicada sobre malezas muy desarrolladas, causaría un daño temporal o tendría un efecto de poda o transplante. Esta situación se observa en malezas perennes que poseen estructuras de propagación vegetativa, inclusive especies anuales con estas características, caso *D.sanguinalis*, debido a que no se daña el sistema radical, por el contrario, se fortalece y hace que los nuevos brotes sean de mayor vigor y precocidad. El corte de la parte alta de algunas malezas destruye la dominancia apical, y las yemas latentes pueden comenzar a crecer, haciendo que la planta tenga tallos en mayor número que los que estaban presentes antes del corte.

Sin embargo La National Academy of Sciences (1988), Linares (1983), y Robbins *et al* (1969) comentan, que esta demostrado que el corte repetido de malezas herbáceas perennes de reproducción vegetativa debilita en cierto grado las reservas alimenticias existentes en los órganos subterráneos. También es importante anotar, que este corte repetido puede evitar la producción de propágulos vegetativos, haciendo que una especie perenne, se comporte como una anual.

Otros aspectos que deben tenerse presente en la gran prolificidad de malezas anuales son la producción de semillas y el hecho de que algunas de ellas son capaces de producir semillas viables, aunque sean cortadas o arrancadas en el estado de floración o estados de maduración intermedios, de ahí que se deba por todos los medios, impedir que las malezas lleguen a semillar.

Esta práctica de eliminación manual y mecánica debe ser realizada antes de que las malezas florezcan. En algunas plantaciones estos controles se realizan equivocadamente cuando las malezas están muy desarrolladas y ya han producido su acción competitiva, además, han originado semillas y almacenado sustancias nutritivas para reproducirse mediante nuevos órganos subterráneos de propagación. En este sentido, se debe indicar que será muy difícil eliminar las malezas perennes sólo con cortes, sin embargo, se les puede mantener en un estado de baja competitividad, situación que dependerá básicamente del periodo transcurrido entre los intervalos de los desyerbes. Cabe anotar que cuando el corte se hace sobre malezas muy desarrolladas, se corre el riesgo de lesionar los

pseudotallos y puyones.

Algunos productores bananeros en Colombia, sustituyeron por completo el uso de los herbicidas, por la utilización de machete y guadaña, con el objeto de disminuir el impacto ambiental y conservar el sistema ecológico; sin embargo, los resultados no han sido del todo satisfactorios, debido al poco periodo de control que expresan ciertos tipos de malezas, específicamente arvenses perennes de hoja angosta que poseen estructuras de propagación vegetativa, inclusive, especies anuales como *Digitaria sanguinalis* y *Panicum cf. antidotale*, lo que ha obligado a disminuir los intervalos entre los desyerbes, con el consecuente aumento de los costos de producción y el efecto desfavorable sobre el cultivo. Entre las especies que expresan bajos periodos de control están, *Axonopus compressus*, *Paspalum paniculatum*, *Paspalum virgatum*, *Paspalum conjugatum*, algunas Cyperáceas como *Cyperus luzulae* y en general las malezas pertenecientes a las familias Aráceae, Commelinaceae, Piperaceae, Cucurbitaceae y Fabaceae; lo que sumado a un gran número de individuos por unidad de área, un rápido crecimiento inicial, ciclos de vida muy cortos, alto número de especies compitiendo, condiciones climáticas favorables (alta precipitación), bajas densidades de población y deficiente distribución y el efecto de la cosecha, situaciones estas últimas que favorecen la entrada de luz, hace que las malezas reinfesten los campos en poco tiempo y muchas veces con mayor agresividad. Adicionalmente, es importante valorar el alto potencial de diseminación que tienen las herramientas mecánicas y manuales, especialmente la guadaña, la cual, al entrar en contacto con las estructuras que ya han producido semilla madura o estados intermedios de madurez, hace que éstas se esparzan en un radio no menor de un metro, aumentando considerablemente la diseminación de las poblaciones.

Sin embargo, esta situación ha venido cambiando con la alternativa de la aplicación de herbicidas especialmente de carácter sistémico, en forma dirigida (parqueo químico), para controlar especies perennes (especialmente arvenses de hoja angosta) que responden negativamente al control mecánico y manual, teniendo en cuenta que deberán aplicarse cuando exista suficiente área foliar para asegurar así la entrada de la mayor cantidad posible de herbicida asperjado. Mientras mayor sea la

relación parte aérea/parte subterránea, mayor será el efecto del herbicida. Las malezas anuales caso *Digitaria sanguinalis* se controlan efectivamente en cualquier etapa de desarrollo, siempre que tengan suficiente área foliar para la captación del producto. Es preferible aplicar en estado adulto, después de que hayan brotado varias generaciones, pero antes de que produzcan semilla, con el fin de reducir su nivel de infestación. El objetivo será entonces, eliminar paulatinamente las poblaciones de hoja angosta, evitando la producción de semilla, para favorecer el incremento de las hoja ancha, específicamente las denominadas nobles o benéficas. Otra labor adicional de carácter manual que se viene realizando en la zona de Urabá, es la recolección de arvenses que tienen hábitos de crecimiento de enredadera (*I. trifida*, *Anguria sp.*, *S. glaucum*, *Serjania sp.*, entre otras).

Soto (2001) opina con respecto al control mecánico y manual, su ventaja radica en que no requiere mano de obra especializada, ni equipo costoso, no altera la ecología, ni permite la erosión de los suelos; además combaten todo tipo de malas hierbas, aunque por corto tiempo, pero sin deteriorar las condiciones físicas de los suelos por compactación. Su desventaja principal, aparte de ser lento y requerir mucha mano de obra, es que ocasiona gran cantidad de daños a los brotes nuevos, permitiendo la introducción de enfermedades bacteriales o de plagas como el picudo negro.

4.3 Control químico

Se debe recordar que el control químico no es el único y de ninguna manera el más efectivo, pero se recomienda como complemento del control cultural, mecánico y manual, haciendo uso de la combinación de ellos, de acuerdo con la situación que se presente.

Los herbicidas son elaborados para controlar un determinado grupo de malezas en un cultivo, durante una época específica y con una dosis que asegure efectividad en el control, por consiguiente, la época y dosis de aplicación dependen de varios factores relacionados con el cultivo, las malezas, el suelo, el clima, etc. La decisión de usar o no un herbicida en un cultivo, depende de la diversidad de malezas presentes, de factores económicos y la efectividad y disponibilidad de otros medios de control.

Adicional al problema que se ha generado con

las aplicaciones calendario de herbicidas, es esencial mencionar algunos de los factores que han afectado sensiblemente la calidad y efectividad de la aplicación, del mismo modo, señalar aspectos que tienen que ver con el uso del producto. Es fundamental aclarar, que algunas plantaciones, que incluyen fincas de otras comercializadoras, tienen excelentes prácticas de control químico, sin embargo, un alto porcentaje de las fincas está asociada a deficientes prácticas en este sentido.

- No es común calibrar los equipos de aspersión terrestre.
- Las aplicaciones son de carácter generalizado, muy pocas veces se hace parcheo.
- Las dosis de herbicidas están estandarizadas.
- El ciclo calendario siempre se hace con un solo herbicida (Independiente de las malezas existentes en cada uno de los lotes).
- La selección del herbicida generalmente está a potestad del productor o administrador.
- La mezcla herbicida, algunas veces hace contacto con resiembra, hojas y puyones.
- Herbicidas de contacto y sistémicos son aplicados con la misma boquilla.
- Los aplicadores alteran el orificio de las boquillas.
- Los volúmenes de agua son iguales para herbicidas de contacto y sistémicos.
- El agua para la preparación de la mezcla herbicida es sacada de aguas estancadas, caños, ríos, tanques de beneficio, etc. (sedimentos).
- Deficiente uso de los coadyuvantes.
- Se aplica en condiciones ambientales adversas.
- Los residuos de los herbicidas son dispuestos irregularmente (recipientes y bombas).
- No se guardan las mínimas normas de seguridad (protección personal).
- No se tiene bien definido, ni se aplican los periodos de reentrada del personal, posterior a las labores de fumigación.

Con relación a algunos de los factores antes mencionados, es fundamental rescatar los progresos realizados, tendientes a eliminar las aplicaciones calendario y generalizadas (*incluyó negociaciones con los sindicatos*). En este sentido, se están realizando aplicaciones únicamente en parcheo y cuando son verdaderamente necesarias, lo que ha disminuido considerablemente en algunas plantaciones los volúmenes de herbicida a utilizar.

Otro factor que ha permitido disminuir sensi-

blemente la cantidad de herbicida a utilizar, es la distinción de cierto tipo de malezas. De la oferta total de arvenses que existen en la zona de Urabá, aproximadamente el 10%, de estas son consideradas nobles o benéficas. Estas plantas se están protegiendo en forma selectiva, con unos resultados excelentes, inclusive se están aprovechando las semillas y las estructuras de propagación vegetativa que poseen estas especies, para establecerlas en otras áreas, no obstante, la mayoría de las semillas de las arvenses benéficas expresan una fuerte condición de dormancia, situación que se ha tratado de solucionar con tratamientos a base de nitrato de potasio, giberelinas, citoquininas y escarificación mecánica.. Hoy día, existen fincas adscritas a la compañía C.I UNIBAN S.A, que tienen áreas dentro de sus lotes, con el 100% de cobertura con arvenses benéficas, los controles en estos casos se reducen a un plateo, generalmente manual, dos o tres veces al año, en algunos casos, el productor aprovecha esta situación, para utilizar el material retirado como fuente de semilla.

El uso de especies de cobertura puede ser una herramienta muy útil para estos propósitos de manejo, siempre y cuando se tengan en cuenta las condiciones mínimas necesarias para que una especie pueda ser considerada como benéfica en una asociación cultivo-cobertura. Es decir, para que esto sea posible, la maleza debe reunir las siguientes características:

- Bajo grado de competencia (luz y nutrientes).
- Bajo consumo de agua.
- Especies vegetales de crecimiento rastrero o de porte inferior a 20 cm.
- Sistema radical ralo y superficial.
- Que la especie no esté reportada como hospedero de plagas y enfermedades.
- Buena capacidad de cubrimiento y dominancia poblacional.
- No presentar efectos alelopáticos negativos asociados (si se conocen).

Adicional a las características que debe reunir una arvense para ser considerada como noble, es deseable que la especie posea uno o más de los siguientes atributos:

- Tolerantes al pisoteo.
- Tolerantes a la sombra.
- Tolerantes a la sequía y a las condiciones de encharcamiento.
- Mediana o baja susceptibilidad a los herbicidas

utilizados comúnmente en la zona.

- Alta producción de estructuras florales (alimento fauna benéfica).
- Alta producción de semillas y propágulos vegetativos.
- Facilidad de propagación sexual y vegetativa (no expresar condición de dormancia).
- Dominancia poblacional alta, preferiblemente frente a las malezas de hoja angosta

Entre las arvenses que reúnen estas características mínimas y algunas de las deseables están (Zona Urabá y Magdalena):

- ***Callisia cordifolia*** (Sw.) Anders & Woods (*Commelinaceae*)*
- ***Selaginella sp*** (*Selaginellaceae*)*
- ***Vigna peduncularis*** (Kunth.) Feweett & Rendel (*Fabaceae*)
- ***Geophila repens*** (L.) I.M. Johnston (*Rubiaceae*)
- ***Geophila macropoda*** (Ruiz & Pav) DC (*Rubiaceae*)*
- ***Melothria guadalupensis*** (Spreng) Cong. (*Cucurbitaceae*)
- ***Peperomia pellucida*** (L.) H.B.K (*Piperaceae*)
- ***Teramnus volubilis*** Sw. (*Fabaceae*)

* No reportadas para la zona bananera del Magdalena.

Drymaria cordata (L.) Wiild (*Caryophyllaceae*) esta reportada como hospedera de ***Turticae*** (*Tetranychidae*) y ***Murdannia nudiflora*** (L.) Brenan (*Commelinaceae*) ha sido observada en la zona de Urabá albergando los estados larvales del gusano caterpillar (***Ecpantheria sp***, *Lepidóptera*: *Arctiidae*) por tal motivo no figuran en el anterior listado; no obstante, la piñita parece tener un potencial bastante grande como cobertura.

Es fundamental mencionar que existen arvenses, que aunque no pueden ser utilizadas como coberturas vegetales en plantaciones de banano, si le reportan enormes beneficios de otra índole al cultivo. ***Limnocharis flava*** (L.) Buchen (*Butomaceae*) por ejemplo, parece tener un alto potencial para descontaminar cuerpos de agua, ***Heliotropium indicum*** L. (*Boraginaceae*) y ***Sarcostema glaucum*** H.B.K (*Asclepiadaceae*), por la posibilidad de utilizarlas como especies trampa para la captura de adultos de ***Ceramidia viridis***, ***Pennisetum purpureum*** Schum (*Poaceae*), para proteger los taludes de los cuerpos de agua y drenaje profundo, ***Tripogandra cumanensis*** (Kunth) Woods y ***Commelina diffusa*** Burm F

(*Commelinaceae*), para proteger los taludes del drenaje profundo, especialmente los canales terciarios. Finalmente, muchas arvenses que son puentes generacionales entre plagas y enemigos naturales.

El establecimiento de las arvenses benéficas se ve favorecido por la presencia natural de las especies al interior de la plantación, prácticas como el encamellone de los residuos de cosecha (en forma temporal) y el no asperjarlas con la mezcla herbicida durante las aplicaciones de los herbicidas (parcheo químico), ya sea con los equipos convencionales de aplicación o el selector de arvenses, implemento muy utilizado en zona cafetera y que viene siendo empleado por un pequeño grupo de fincas adscritas a C.I. UNIBAN S.A. Cabe anotar, que estas arvenses conforman asociaciones, con muy buenos resultados.

Con respecto a otro tema, es importante mencionar que indiferente del herbicida utilizado, debe evitarse su contacto con las plantas y los puyones. Sin embargo, González y Piedrahíta (1999); citados por Fuentes, (2000) y Martínez *et al* (1998) comentan que el glufosinato de amonio, puede aplicarse en la zona de plateo, así como en la base de las plantas, aún tocándolas, y en puyones de banano. A una conclusión similar, Ilego Aguero (2000) en una investigación desarrollada en Costa Rica, con el herbicida glifosato. A pesar de los resultados de estas investigaciones, muchas personas tienen sus reservas frente a la aplicación de herbicidas en esta área.

En el área bananera ecuatoriana, por ejemplo, se han ido disminuyendo las aplicaciones del principal herbicida, paraquat, a solo aplicaciones de "mancheo". Es notable destacar, que desde 1986, la introducción de un nuevo herbicida, el glifosato, ha provocado un cambio en el tipo de malezas predominantes del área bananera, de hoja angosta al de hoja ancha, lo que nos proporciona un ejemplo del desequilibrio natural dentro del ecosistema del banano (Vera, 1999).

En la literatura están recomendados tanto herbicidas residuales con actividad en el suelo, como herbicidas postemergentes sin efecto residual. No obstante, el uso de herbicidas residuales con actividad en el suelo, prácticamente no existe en las zonas bananeras de Urabá y Magdalena (Colombia), comparado con la utilización de herbicidas aplicados al follaje, los cuales se utilizan en gran-

des cantidades. Entre ellos figuran, *el glifosato, el paraquat, el glufosinato de amonio y el diquat*.

De acuerdo con Sierra (1993), citado por Fuentes (2000), para el banano de exportación, se deben utilizar solamente herbicidas y otros plaguicidas con aprobación por parte de la EPA (Environmental Protection Agency). En caso de encontrarse residuos a concentraciones no toleradas o productos sin aprobación, la carga será rechazada.

El cuadro 2 indica otros herbicidas recomendados para el control de malezas en plantaciones de banano Fuentes (2000):

En el anterior cuadro, no se dan recomendaciones de dosis de los productos ni de frecuencias de aplicaciones, las cuales deben ajustarse localmente, dependiendo de varios factores, entre ellos el suelo (principalmente para productos con actividad en el suelo) y de la flora de malezas. El uso de herbicidas en forma continua durante mucho tiempo en una misma zona o cultivo, favorece la población de malezas, que se manifiestan como resistentes o tolerantes a dichos productos o surgen especies nuevas con la agresividad que antes no presentaban. El control químico debe ser enfocado al problema específico de las malezas presentes, bajo la dirección de un ingeniero agrónomo, quien debe conocer qué productos usar, dónde, cuándo, el momento adecuado y cómo emplearlos satisfactoriamente.

El uso de los herbicidas, como parte de un tratamiento selectivo, presentará varias ventajas con

relación al control mecánico - manual, como son: oportunidad, menor requerimiento de mano de obra, persistencia del control, eficiencia sobre malezas perennes, menor costo, menor fatiga del operario, no diseminación de semillas y menor daño a los puyones. En contra, tiene el deterioro de las características físicas y biológicas de los suelos, el manejo de los productos, la contaminación ambiental, la posibilidad de generar resistencia por las malezas por la utilización intensiva de herbicidas, el requerimiento de un equipo costoso para las aplicaciones y la utilización de mano de obra especializada.

4.4 Control biológico

La utilización de métodos biológicos, como insectos o patógenos para el control de malezas en plantaciones de banano, aún no es posible. Hasta la fecha no existe en el nivel práctico o comercial, agentes de biocontrol de las malezas para ser utilizados en estos sistemas. Por lo tanto deben dirigirse los esfuerzos hacia el uso racional y combinado de métodos manual-mecánico, culturales y químicos (Fuentes, 2000). Sin embargo, se tiene evidencia sobre controles naturales excelentes de arvenses de las familias *Araceae* y *Piperaceae*, en la zona de Urabá.

El cuadro 3, indica en términos porcentuales, la participación actual de los controles manual, mecánico y químico en el total del área adscrita a la comercializadora C.I UNIBÁN S.A en Urabá-Colombia.

Cuadro 2. Otros herbicidas		
Herbicida	Época de aplicación	Referencia
Atrazina	Pre y Pos	ICA, s.f. Martínez, 1998. Rodríguez, 1989.
Ametrina	Pre y Pos	Alves et al, 1980. Achard, 1993. Cayón et al, 1992. Martínez, 1998. Rodríguez, 1989.
Dalapón	Pos	COPR, 1977. Cayón et al, 1992.
Diuron	Pre y Pos (solo para suelos pesados).	COPR, 1977. Cayón et al, 1992. Fed. Nac. de Caf., 1974. Guerrero & Achard, 1997 ^a . Ramadass et al, 1980.
Fenoxaprop-etil	Pos	Sierra, 1993.
Fluazifop-butil	Pos	Sierra, 1993.
Linuron	Pre y Pos	COPR, 1977.
MSMA	Pos	Cayón et al, 1992. Sierra, 1993.
Oxifluorfen	Pre	Liu & Singmaster, 1990. Liu & Santiago – Córdova, 1991.
Simazina	Pre	COPR, 1977.

CUADRO 3. Porcentaje actual de participación de los diferentes métodos de control en el total del área inscrita en la zona de Urabá-Colombia a la comercializadora internacional Uniban S.A (Semestre A de 2001).

Porcentaje del área con CONTROL QUIMICO	Porcentaje del área con CONTROL MANUAL	Porcentaje del área con CONTROL MECANICO
81.10	8.61	10.29

Con respecto al Cuadro 3 es importante anotar lo siguiente:

- Un porcentaje significativo del área que esta bajo control químico, viene estableciendo prácticas de aplicación, tendientes a proteger la flora benéfica asociada al cultivo del banano. Sin embargo muchas plantaciones, siguen manteniendo la plantación totalmente libre de malezas.
- Existen fincas que sustituyeron por completo la utilización de herbicidas, por métodos manuales y mecánicos, otras debido a inconvenientes referenciados anteriormente, establecieron prácticas que asocian el control mecánico y manual con el químico.
- El total del área inscrita a la compañía C.I UNIBAN S.A., en la zona de Urabá, esta alrededor de las 10.000 hectáreas. Aunque no se tienen cifras muy exactas, se sabe que las 18.000 hectáreas restantes que corresponden a otras comercializadoras, siguen aplicando herbicidas en un 90% del área.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUERO, R. Corporación Bananera Nacional/ Costa Rica-Comunicación personal. 2000.
- ARGEL, P y VILLARREAL, M. Nuevo Maní forrajero perenne (*Arachis pintoii*/ Krapovickas y Gregory) Cultivar Porvenir (CIAT 18744) Leguminosa herbácea para alimentación animal, el mejoramiento y conservación del suelo y el embellecimiento del paisaje. Boletín técnico MAG-IICA y CIAT. 1998. Costa Rica. 31 pp.
- AUGURA, Asociación de Bananeros de Colombia. Estructura de costos de producción de una finca bananera, junio de 1999. En: Augura carta informativa Boletín 208 septiembre (No 3). Medellín-Colombia. 1999. 18-22.
- BAREÑO, R; CLAVIJO, P.J. *Arachis pintoii* como alternativa sostenible en el manejo integrado de malezas en vid. En: Agro-nomía colombiana. 1999. 16 (1-3), 51-59.
- FUENTES, C & CLAVIJO, J. Memorias conferencia: Manejo de malezas en plantaciones de banano y plátano. INAGRU. Apartadó Antioquia-Colombia. 2000. pp 21.
- GUERRERO, R.D. Fertilización en cultivos de clima frío. 1998. 363 – 400.
- INIBAP. ROSALES, F; TRIPON, S. Producción de banano orgánico y, o, ambientalmente amigable. Memorias del taller internacional realizado en la EARTH, Guacimo Costa Rica. Julio 1998. 259 pp.
- KOGAN, M. Malezas ecofisiología y estrategias de control. Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad de Chile. 1992. 402 pp.
- LINARES, C.H. Control de Malezas. Universidad del Tolima. Facultad de Ingeniería Agronómica. Ibagué, Colombia. 1983. 329 pp.
- MARTINEZ, G.A; HERNÁNDEZ, N; VILLA, J.A. AGREVO. Valoración de la aplicación de glufosinato de amonio (finale) sobre el desarrollo y tasa de retorno de una plantación de banano (Musa AAA, Subgrupo Cavendish, Williams y Gran Enano). Memorias XIII Reunión Acorbat. Noviembre 1998. Guayaquil – Ecuador.
- MEJIA, G; GOMEZ, S & ELEJALDE, G. Evaluación del maní forrajero (*Arachis pintoii*) como planta de cobertura vegetal de suelos bananeros de Urabá. En: Carta informativa. Asociación de Bananeros de Colombia, AUGURA. Boletín 206- marzo (N. 1). 1999.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Control de plagas de plantas y animales. Ediciones ciencia y técnica S.A. Naucalpan, Edo de México. 1988. 25-169.
- PRIMAVESI, A. Manejo ecológico del suelo. La agricultura en regiones tropicales. 1982.
- ROBBINS, W; CRAFTS, A y RAYNOR, R. Destrucción de malas hierbas. Unión tipográfica editorial Hispanoamericana. México, 1969. 79-113.
- SAMPIETRO, D. Alelopatía: Concepto, características, metodología de estudio e importancia. Facultad de Bioquímica, química y farmacia. Universidad Nacional de Tucumán, Argentina. Información Internet 2002.
- SIERRA, L.E. El cultivo del banano producción y comercio. Editorial gráficas olímpica Ltda. Pereira, Colombia. 1987. 679 pp.
- SOTO, M. Bananos técnicas de producción. . San José- Costa Rica. 2001. Capítulo 7.
- SOTO, M. Bananos cultivo y comercialización. San José- Costa Rica. Septiembre 1985. 239-255.
- UNIBAN, DIRECCIÓN AGRICULTURA. Programa de renovación de plantaciones. Manual de recomendaciones. Apartadó, Colombia. 1995. 10 pp.
- VARGAS, D & FLORES, C.L. Retribución nutricional de los residuos de hojas, pseudotallo y pinzote de banano (Musa AAA) en fincas de diferentes edades de cultivo. En: Revista CORBANA 20 (44) Costa Rica. 1995. 33-47.
- VERA, V. Ecuador-Manejo integrado de plagas en banano y plátano. En: Revista bananera, Banana Export. Año 2, edición No. 5 Septiembre-Octubre 1999. CONABAN, Guayaquil-Ecuador. 1999. 16-18.

Strategies for delivering banana integrated pest management technologies in Eastern Africa with emphasis on banana weevil and nematodes

Estrategias para la diseminación de tecnologías de manejo integrado de plagas en banano con énfasis en nemátodos y picudo en África del Este.

**Blomme, G.¹, S. Inzaule², A. Barekye³, S. Mgenzi⁴, C.S. Gold⁵,
S. Sharrock⁶ and E.B. Karamura¹**

ABSTRACT

In the East African Great Lakes region, bananas provide the staple food for over 20 million people and comprise the most important food for both rural and urban populations. Annual banana per capita consumption reaches 660 kg, the highest in the world. Bananas are mainly produced in low-input systems on small farms. In order of importance, the *Musa* groups grown in the region are: highland cooking bananas (*Musa* AAA-EA), brewing bananas (AAA-EA, AB, ABB), dessert bananas (AAA, AAB), other cooking bananas (ABB) and plantains (AAB). Most banana plots consist of highly complex cultivar mixtures. Each of the banana groups suffers from its own pest and disease constraints. For example, banana weevils and nematodes are very important on highland cooking bananas and plantains, while *Fusarium* wilt is the key constraint to ABB and AAB brewing and dessert bananas. Soil degradation and socio-economic factors are also important production constraints.

Over the past 10 years, extensive research has been undertaken in the region by IITA, ICIPE and the national programs of Uganda, Tanzania and Kenya. On-station and on-farm research have suggested that cultural and botanical controls may offer possibilities for reducing banana weevil and nematode damage levels, while biological controls and host plant resistance offer longer-term strategies. Most African farmers are resource-poor with limited exposure to extension services. Successful implementation of these methods requires labour and/or financial inputs. As a result, farmer confidence levels and adoption is often disappointing. Under the framework of the regional banana network BARNESA, the local national programs, in collaboration with INIBAP and IITA, have implemented a set of farmer participatory trials to test efficacy of IPM methods under farmer conditions and to improve adoption rates. The

RESUMEN

En la región de los Grandes Lagos de África del Este, los bananos representan el alimento básico para más de 20 millones de personas y constituyen el alimento más importante para poblaciones rurales y urbanas. El consumo *per cápita* anual alcanza los 660 kg, el más alto de todo el mundo. Los bananos se cultivan especialmente en pequeñas fincas utilizando sistemas de bajos insumos. Los grupos de *Musa* que se cultivan en esta región, por orden de importancia son: bananos para cocción "highland" (*Musa* AAA-EA), bananos para elaborar bebidas (AAA-EA, AB, ABB), bananos para postre (AAA, AAB), otros bananos para cocción (ABB) y plátanos (AAB). La mayoría de parcelas contienen mezclas complejas de cultivares. Cada grupo de bananos presenta problemas propios de plagas y enfermedades; por ejemplo, los picudos y nematodos son muy importantes para los bananos de cocción "highland" y para los plátanos, en tanto que la Marchitez por *Fusarium* es una limitante clave para los bananos ABB y AAB utilizados para elaborar bebidas y para bananos para postre. La degradación del suelo y otros factores socioeconómicos constituyen también importantes limitantes para la producción.

Durante los últimos 10 años, muchos trabajos de investigación se han realizado en esta región por parte del IITA, del ICIPE y de los programas nacionales de Uganda, Tanzania y Kenia. Investigaciones realizadas tanto a nivel de estación experimental como de finca, sugieren que la utilización de controles culturales y botánicos ofrece posibilidades para reducir los niveles de daño ocasionados por nematodos y picudo en el banano y que los controles biológicos y de resistencia de plantas hospederas son estrategias a largo plazo. La mayoría de agricultores africanos tienen muy pocos recursos económicos y limitado acceso a los servicios de extensión. Para lograr una implementación exitosa de estos

1. INIBAP east and southern Africa office, P.O.Box 24384, Kampala, Uganda, email: inibap@imul.com
2. Kenya Agricultural Research Institute (KARI), Regional Research Centre, P.O. Box 169, Kakamega, Kenya, Kari-KK@SwiftKisumu.com
3. National Agricultural Research Organisation (NARO), P.O. Box 7065, Kampala, Uganda, banana@imul.com
4. ARDI-Maruku, P.O.Box 127, Bukoba, Tanzania, msrbyabachwezi@yahoo.com
5. IITA- ESARC, P.O. Box 7878, Kampala, Uganda, IITA@imul.com
6. INIBAP headquarters, Parc Scientifique Agropolis II, 34397, Montpellier Cedex 5, France, S.Sharrock@CGIAR.org

BARNESA strategy has included a series of stakeholder meetings for the development of both top down and bottom up participatory research trials. IPM options selected for testing in established banana stands included application of neem seed powder to the base of plants, banana weevil trapping, crop sanitation and the use of botanicals (e.g. *Tagetes minuta*, *Tithonia diversifolia*), while the options identified for newly planted fields were the use of improved varieties, clean planting material, banana weevil trapping, mulching, inorganic fertilizer and botanicals. Pest and disease pressure, plant growth and yield, costs and benefits are being determined for the different systems. Farmer evaluations of the different IPM components are also being assessed.

métodos, se requiere insumos financieros y/o de mano de obra. Como resultado, los niveles de confianza y de adopción de nuevas tecnologías por parte de los agricultores, son por lo general desalentadores.

Bajo el marco de trabajo de la red regional de banano BARNESA, los programas nacionales en colaboración con INIBAP y el IITA, han implementado una serie de ensayos participativos con el agricultor para probar la eficacia de los métodos MIP, bajo las condiciones del agricultor y mejorar los niveles de adopción. La estrategia de BARNESA ha incluido una serie de reuniones con los socios para el desarrollo de pruebas de investigación tanto de arriba hacia abajo como de abajo hacia arriba. Las opciones MIP seleccionadas para su evaluación en plantaciones de banano establecidas incluyen la aplicación de polvo de semilla de *neem* en la base de las plantas, trampas para picudo, sanidad del cultivo y empleo de productos botánicos (ejemplo *Tagetes minuta*, *Tithonia diversifolia*). Por otro lado, las opciones identificadas para las plantaciones nuevas fueron el uso de variedades mejoradas, material de siembra limpio, trampas para picudo, aplicación de *mulch*, fertilizantes inorgánicos y botánicos. También se está determinando la presión de las plagas y enfermedades, el crecimiento y la producción, así como los costos y beneficios para los diferentes sistemas. Además se están estimando las evaluaciones de los agricultores a los diferentes componentes MIP.

I NTRODUCTION

In the East African Great Lakes region, bananas provide the staple food for over 20 million people and comprise the most important food for both rural and urban populations. Annual banana per capita consumption reaches 660 kg, the highest in the world. Bananas are mainly produced in low-input systems on small farms. In order of importance, the *Musa* groups grown in the region are: highland cooking bananas (*Musa* AAA-EA), brewing bananas (AAA-EA, AB, ABB), dessert bananas (AAA, AAB), other cooking bananas (ABB) and plantains (AAB). Most banana plots consist of highly complex cultivar mixtures.

Key constraints

Pests:

- Weevils
- Nematodes

Diseases:

- Fusarium wilt
- Black/yellow sigatoka
- Viruses (e.g. Banana streak virus)

Each of the banana groups suffers at varying degrees from the pests and diseases. For example, banana weevils and nematodes are very important on highland cooking bananas and plantains, while Fusarium wilt is the key constraint to ABB and AAB brewing and dessert bananas. Soil degradation and socio-economic factors are also important production constraints.

Efforts to control pest and disease problems and available IPM methodologies

Over the past 10 years, extensive research has been undertaken in the region by IITA, ICIPE and the national programs of Uganda, Tanzania and Kenya. On-station and on-farm research have suggested that cultural and botanical controls may offer possibilities for reducing banana weevil and nematode damage levels, while biological controls and host plant resistance offer longer-term strategies.

Strategies for delivering banana integrated pest management technologies

Most African farmers are resource-poor with limited exposure to extension services. Successful implementation of these methods requires labour and/or financial inputs. As a result, farmer confidence levels and adoption is often disappointing.

Therefore the approach was as follows:

- * Site selection
- * Baseline surveys (diagnostics and characterisation)
- * Stakeholders meetings: involving the farmers, extension officers, NGO's and scientists in decision making

These meetings focus on:

- Farmers priorities
- Farmers perception of pest problems
- Resources required to implement an IPM option
- A clear picture is also given to the farmers on the application protocols, timeframe of impact and effectiveness of an option
- Farm selection
- * On farm trials

The BARNESA IPM project in Uganda, Kenya and Tanzania: baseline survey results, stakeholder meetings, the on farm trials and a farmer response

Under the framework of the regional banana network BARNESA, the local national programs, in collaboration with INIBAP and IITA, have implemented a set of farmer participatory trials to test efficacy of IPM methods under farmer conditions and to improve adoption rates. The BARNESA strategy has included baseline surveys (for results on weevil damage and nematode incidence see Table 1) and a series of stakeholder meetings for the development of both top down and bottom up participatory research trials. The IPM options selected for testing in established banana stands and options identified for newly planted fields are given in Table 2.

Pest and disease pressure, plant growth and yield, costs and benefits are being determined for the different systems, while the socio-economic

factors associated with the adoption and utilization of IPM options will be monitored. The project also builds capacity for the adoption and utilization of banana IPM options at the NARS level and strengthens linkages with banana R & D partners.

ACKNOWLEDGEMENTS

Financial support by the DFID, UK is gratefully acknowledged.

Table 1. Weevil damage and nematode incidence at the project sites in Tanzania, Uganda and Kenya

Country					
Weevil		Necrosis %			
		Upper	Lower		
		CC	Cortex	CC	Cortex
Tanzania	Ibwera	0.84	1.46	0.91	2.67
Uganda	Lwengo	0.9	1.3	0.8	2
Kenya	Bungoma				
Nematode		Densities per 100 g			
		<i>P.goodeyi</i>	<i>H. multicinctus</i>	<i>R. similis</i>	<i>Meloidogyne</i> spp.
Tanzania	Ibwera	1626	2555	521	46
Uganda	Lwengo	1310	2264	4.2	63
Kenya	Bungoma				
CC = Central cylinder					

CC = Central cylinder

Table 2. IPM options selected for testing in established banana stands and options identified for newly planted fields.

Established banana stands:
* Application of neem seed powder to the base of plants * Banana weevil trapping * Crop sanitation * Use of botanicals (e.g. <i>Tagetes minuta</i>, <i>Tithonia diversifolia</i>)
Newly planted fields:
* Use of improved varieties * Clean planting material * Banana weevil trapping * Mulching * Inorganic fertilizer * Botanicals

Dinámica de la esporulación de *Mycosphaerella fijiensis* en seis genotipos de musáceas en el distrito de Sevilla, zona bananera del Magdalena

Dynamics of the sporulation of *Mycosphaerella fijiensis* in six genotypes of musaceae in the district of Sevilla, Magdalena banana growing area

**M. Ayala, L. Giovannetti, Betty Nobmann de O.,
V. M. Merchán, A. Páez y A. Hernández**

RESUMEN

Quincenalmente se cuantificó la producción del inóculo de *M. fijiensis* en hojas adheridas a la planta en 6 genotipos de Musáceas. Durante el primer ciclo de producción, la mayor cantidad de conidios se observó en el estado 4 de la enfermedad, en los clones Gran Enano, Williams y Valery; en menor proporción en el Hartón y en muy bajas cantidades en los híbridos FHIA21 y FHIA01. La producción de conidióforos estuvo entre 1 y 8 por estoma, más frecuentemente entre 4 y 6. La producción de ambas estructuras se incrementó entre las semanas 18 a la 26 asociada con variaciones de temperatura y humedad relativa. La producción de esporas sexuales estuvo relacionada con el índice de severidad y con el número y posición de la hoja muestreada. La cantidad de ascosporas empezó a ser significativa cuando la hoja presentaba más de la tercera parte del área foliar necrosada. Hubo diferencia altamente significativa en la producción de pseudotecios entre los genotipos susceptibles y los moderadamente resistentes.

ABSTRACT

In fortnightly intervals the inoculum production of *M. fijiensis* in leaves attached to the plants was quantified in 6 genotypes of Musaceae. During the first production cycle the highest conidia production was observed in the state 4 of the disease, in Grand Naine, Williams and Valery clones; in a smaller proportion in Horn plantain and in very small quantities in hybrids FHIA21 and FHIA01. The conidiophores production was between 1 and 8 per stoma, more frequently between 4 and 6. Both production structures were increased among the 18 and 26 weeks, associated with temperature and humidity relative variations. Sexual spores production was related with the disease severity and with the number and position of the tested leaf. The ascospores quantity started to be significant when the leaf presented more than one third necrotic foliar area. There was highly significant difference among pseudothecia production, in the susceptible and moderately resistant genotypes.

* Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, Av. Libertador 14-13. Santa Marta, Magdalena, Colombia. Tel: (095) 4216256; E-mail: icamagdalena@compunet.net.co

Efecto de diferentes labores de manejo sobre el desarrollo de la Sigatoka Negra en el distrito de Sevilla, zona bananera del Magdalena

Effect of the different cultural practices about the development of the Black Sigatoka in the district of Sevilla, Magdalena banana growing area

**H. Bornacelly, J. Bolaño, Betty Nobmann de O.,
V. M. Merchán, A. Páez y A. Hernández**

RESUMEN

Se trabajó bajo un diseño experimental de bloques al azar con 4 tratamientos y 4 repeticiones. Los tratamientos fueron: labores completas (T4); sin fertilización (T2); sin deshoje fitosanitario (T3); control de Sigatoka con lixiviado de lombrices (T1). Durante el primer ciclo de producción, el T3 y el T4 presentaron 17 hojas funcionales (HF) a la floración en comparación con las 14 hojas del T1 y del T2. A la cosecha, los tratamientos 3 y 4 tuvieron 12 HF diferenciándose, significativamente, de los tratamientos 1 y 2 con 6 HF. No hubo diferencias respecto a la hoja más joven infectada y la más joven manchada. Los índices de severidad (IS) más altos en los tratamientos 1 y 3 indicaron que tanto el control químico como el deshoje fitosanitario son indispensables para manejar adecuadamente la enfermedad. El T2 afectó el desarrollo de la planta, alargando significativamente su período vegetativo pero, al mismo tiempo, el desarrollo de la enfermedad fue lento presentando el más bajo IS.

ABSTRACT

The experimental layout was a randomized complete block designed with 4 treatments and 4 replications. The treatments were: all the cultural practices (T4); without fertilization (T2); without phytosanitary defoliation (T3); control of Sigatoka having a leached of worms (T1). During the first production cycle, the T3 and the T4 presented 17 functional leaves (FL) to the floral issue in comparison with the 14 leaves of T1 and T2. To the harvest, the treatments 3 and 4 had 12 FL differing, significantly, of the treatments 1 and 2 with 6 FL. There were not differences respect the youngest leaf infected (YLI) and the youngest leaf spotted (YLS). The highest disease incidence in the treatments 1 and 3 indicated that both, the chemical control and the phytosanitary defoliation are indispensable for the disease management. The T2 affected the plant growing, lengthening significantly its vegetative period but, at the same time, the disease development was slow and presented the lowest disease severity.

* Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, Av. Libertador 14-13. Santa Marta, Magdalena, Colombia. Tel: (095) 4216256; E-mail: icamagdalena@compunet.net.co

Comportamiento de la Sigatoka Negra en seis genotipos de musáceas en el distrito de Sevilla zona bananera del Magdalena

Behavior of the Black Sigatoka in six genotypes of musaceae in the district of Sevilla, Magdalena banana growing area.

***L. Lorenzo, G. Consuegra, B. Nobmann de O.,
V. M. Merchán, A. Páez y A. Hernández***

RESUMEN

Se evaluó el comportamiento de la Sigatoka Negra en seis genotipos de Musáceas a libre exposición de la enfermedad durante 2 ciclos de producción. Durante el primer ciclo de producción la enfermedad mostró mayor agresividad en su orden en los clones Gran Enano, Williams, Valery y Hartón, presentando los primeros síntomas 24 días después de la emergencia de la hoja y alcanzando su máximo estado de desarrollo a los 59 días. Se determinó la hoja más joven infectada (HMJI) entre 4 y 5, la hoja más joven manchada (HMJM) entre 7 y 8; hojas funcionales a floración 13 y a cosecha 1. Los híbridos FHIA21 y FHIA01 presentaron los primeros síntomas entre 39 y 44 días después de la emergencia de la hoja; el estado 4 entre 76 y 114 días y, ocasionalmente, los estados 5 y 6 a los 98 y 160 días, respectivamente. En ellos, la HMJI estuvo entre 6 y 7; la HMJM entre 9 y 11; hojas a floración 15 y 9 a cosecha.

ABSTRACT

The behavior of the Black Sigatoka was evaluated in six genotypes of Musaceae under field infection conditions during 2 production cycles. During the first production cycle the disease showed high aggressiveness in its order in Grand Naine, Williams, Valery and Horn plantain clones, presenting the first symptoms 24 days after the emerging leaf sprouts and reaching its maximum development state by 59 days. The youngest leaf infected (YLI) was determined between 4 and 5, the youngest leaf spotted (YLS) between 7 and 8; functional leaves to floral issue 13 and by the harvest 1. Hybrids FHIA21 and FHIA01 presented the first symptoms between 39 and 44 days after the emerging leaf had sprouted; state 4 between 76 and 114 days and, occasionally, states 5 and 6 to 98 and 160 days, respectively. They had YLI between 6 and 7; YLS between 9 and 11; leaves to floral issue 15 and 9 by harvest.

* Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, Av. Libertador 14-13. Santa Marta, Magdalena, Colombia. Tel: (095) 4216256; E-mail: icamagdalena@compunet.net.co

Efecto de extractos vegetales sobre el desarrollo *in vitro* de *Mycosphaerella fijiensis*, agente causal de la Sigatoka negra en *Musáceas*

Adriana Marcela Arciniegas¹, Alba Stella Riveros^{1*} y Jorge Eduardo Loaiza²

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo realizar extractos etanólicos crudos a partir de diferentes partes de la planta (raíz, hojas, botones florales, fruto y/o planta entera) pertenecientes a 13 familias. Diferentes concentraciones de estos extractos fueron evaluados, bajo condiciones *in vitro*, y se midió el efecto de la actividad antifúngica contra *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, causante de la Sigatoka negra en bananos y plátanos.

Se prepararon veinte extractos etanólicos crudos, únicamente extractos provenientes de ocho plantas (*Commelina diffusa*, *Momordica charantia*, *Pavonia sp.*, *Plenax sp.*, *Piper hispidum*, *Piper peltatum*, *Sida rhombifolia* and *Syzygium aromaticum*) mostraron una actividad antifúngica tanto en germinación de esporas como en desarrollo de colonias de *M. fijiensis* siendo en algunos casos más efectivos que el

fungicida sintético (Tilt), estos extractos etanólicos crudos fueron rotulados como "Promisorios". El fraccionamiento de los "extractos crudos promisorios" mediante el diclorometano, revela que los constituyentes fungicos activos en la planta son re-encontrados en una u otra de las fracciones analizadas. Estos resultados pueden proveer, por primera vez, bases para el aislamiento de compuestos a partir de estas plantas y conducirnos a estrategias de control biológico diferentes al agroquímico para el manejo de esta enfermedad. Igualmente, se podría dar inicio a estudios a nivel de campo para probar si el efecto antifúngico encontrado *in vitro*, se mantiene bajo las condiciones *in situ* con altos niveles de presión de inóculo.

Palabras claves: Fungicida botánico, *Mycosphaerella fijiensis*, Sigatoka negra, extractos de plantas.

1. Convenio Universidad del Tolima-CATIE, Unidad de Fitoprotección, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) - 7170 Turrialba, Costa Rica. [*] e-mail: asrivero@catie.ac.cr Tel: (506) 558 2446 – 556 1632 Fax: (506) 556 0606
2. Laboratorio de Productos Naturales, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica

Efecto del Pyraclostrobin sobre el control de Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en banano

Effect of Pyraclostrobin on Black Sigatoka (*mycosphaerella fijiensis*) control in banana

¹Javier Farías-Larios y ²Mario Orozco-Santos

RESUMEN

La sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) es la enfermedad más importante que afecta la producción comercial de bananos en México. El control de la enfermedad está basado en programas de aspersión de fungicidas. La evaluación de nuevas moléculas es una prioridad en la búsqueda de nuevas alternativas para su combate. En el presente estudio se evaluó el efecto de tres dosis del fungicida Pyraclostrobin (Bas 500 00 F: 75, 100 y 125 g de i.a./ha) sobre el control de sigatoka negra en banano Gran Enano. El Pyraclostrobin se comparó con el fungicida Azoxystrobin (Bankit: 100 g de i.a./ha) y un testigo sin control. La aplicación foliar del fungicida Pyraclostrobin en dosis de 75, 100 y 125 g de i.a./ha registró un control satisfactorio de sigatoka negra en banano Gran Enano. El excelente control obtenido con las aplicaciones de esta estrobilurina se reflejó en mantener la enfermedad en bajos niveles de infección por pizcas y manchas, así como la incidencia y severidad de la enfermedad. Asimismo, el número de hojas funcionales por planta antes de florecer registrado en todos los tratamientos de Pyraclostrobin fue superior a los niveles recomendados comercialmente (más de 10 hojas). No hubo diferencia en control de la enfermedad entre dosis de Pyraclostrobin y el Azoxystrobin.

ABSTRACT

The black sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) is the most important disease affecting the commercial production of bananas in Mexico. The control of the disease is based on programs of fungicide sprays. The evaluation of new molecules is a priority in the search of new alternative for its combat. In this study was evaluated the effect of three dose of fungicide Pyraclostrobin (Bas 500 00 F: 75, 100 125 g of a.i./ha) on black sigatoka control in banana Grand Nain. The Pyraclostrobin was compared with the fungicide Azoxystrobin (Bankit: 100 g of a.i./ha) and a check without control. Sprays Pyraclostrobin in dose of 75, 100 or 125 g of a.i./ha was registered a satisfactory control of black sigatoka. The excellent control obtained with this fungicide was reflected in maintaining the disease in low levels of infection by streaks and spots, as well as its incidence and severity. Also, the number of functional leaves for plant previous to the flowering that registered all the treatments with Pyraclostrobin was higher to the recommended levels commercially (more than 10 leaves). There were not difference in control of the disease between Pyraclostrobin and the Azoxystrobin.

INTRODUCCIÓN

En México se cultivan más de 70,000 hectáreas de musáceas (*Musa* spp), distribuidas en las regiones tropicales y subtropicales de la costa del Golfo de México y Océano Pacífico. Los bananos y plátanos son afectados por diversas enfermedades que afectan su rendimiento y calidad del fruto. Los problemas fitopatológicos más importantes

son: sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), nematodos (*Radopholus similis* (Cobb) Thorne), mal de Panamá (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*), pudrición del cormo (*Erwinia* spp), entre otras (Orozco-Santos, 1998). La sigatoka negra es la enfermedad más importante que afecta la producción comercial de bananos (*Musa* AAA) en México. La enfermedad se encuentra presente

1. Universidad de Colima. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Apartado postal 36. Tecomán, Colima, México. C.P. 28100. E-mail: jfarías@volcan.ucol.mx.
2. INIFAP, Campo Experimental Tecomán. Apartado postal 88. Telfax: (52 312) 3240133. Tecomán, Colima, México. C.P. 28100. E-mail: inifaptecoman@prodigy.net.mx

en todos los estados productores: Chiapas, Tabasco, Veracruz, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Colima, Jalisco y Nayarit (Orozco-Santos *et al.*, 1996; Orozco-Santos, 1998; Orozco-Santos *et al.*, 2001).

Dentro de los métodos de combate de sigatoka negra actualmente usados, el control químico es la alternativa más común en las plantaciones comerciales de banano (Orozco-Santos, 1998; Orozco-Santos *et al.*, 2001; Stover, 1980). Existe una serie de grupos químicos que son ampliamente utilizados para su combate: Triazoles, Benzimidazoles, Morfolinas, Pirimidinas y Estrobilurinas. Asimismo, existen fungicidas protectantes como el Mancozeb y Clorotalonil que también se usan en los programas de control de la enfermedad (Farías-Larios *et al.*, 1994; Orozco-Santos, 1998; Orozco-Santos *et al.*, 2001; Ramírez y Rodríguez, 1996; Shillingford, 1990).

Los fungicidas del grupo químico de las estrobilurinas son usados en el control de sigatoka negra en México. El Azoxystrobin es un compuesto ampliamente utilizado en los programas de control de sigatoka negra en la mayoría de las regiones productoras de banano (Figuerola, 1998; Martillo, 1998; Orozco-Santos *et al.*, 2001). En años recientes, se han generado diversas moléculas que pertenecen al grupo químico de las estrobilurinas, entre los que se encuentran el Pyraclostrobin. Este fungicida sistémico se formula como concentrado emulsionable y posee acción sobre diversos hongos fitopatógenos de importancia económica, entre los que se encuentra *Mycosphaerella fijiensis*, causante de la sigatoka negra del banano. Las estrobilurinas actúan en las mitocondrias e inhibe la respiración de los hongos, bloqueando el transporte de electrones entre el citocromo b y el citocromo c, previniendo así la formación de ATP

(Figuerola, 1998). El presente estudio se realizó con el objetivo de evaluar la eficacia biológica del fungicida Pyraclostrobin sobre el control de sigatoka negra en el cultivo de banano Gran Enano en el trópico seco de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un huerto comercial de banano "Gran Enano" (Subgrupo Cavendish, *Musa* AAA) afectado por sigatoka negra. El huerto se localiza en la costa del estado de Colima, México, a una altura de 40 metros sobre el nivel del mar, temperatura media de 26 a 28 °C y precipitación anual de 800 a 900 mm, con lluvias principalmente en verano (Junio a Octubre).

Se evaluó el efecto de tres dosis del fungicida Pyraclostrobin (Bas 500 OO F) en comparación con el fungicida Azoxystrobin (Bankit) (Cuadro 1). Todos los tratamientos se aplicaron en emulsión con aceite agrícola en dosis de 5 litros/hectárea y el emulsificante comercial Surpac a razón de 1% del volumen total de la mezcla. Las aplicaciones se realizaron con una bomba de mochila motorizada marca Solo con un gasto de 125 litros de solución/ha. La aplicación fue dirigida a las hojas más jóvenes. Durante el período experimental se realizaron cinco aplicaciones de los tratamientos con una periodicidad de 14 días. Las fechas de aplicación fueron: 1/Sep/01, 15/Sep/01, 29/Sep/01, 13/Oct/01 y 27/Oct/01.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Las parcelas experimentales fueron de 80 m² (10 x 8 m), de la cual se tomaron tres plantas seleccionadas al azar para la evaluación de la enfermedad. Cada 14 días se evaluó la incidencia y severidad de sigatoka negra basándose en las es-

Cuadro 1. Relación de tratamientos evaluados en el estudio de efectividad biológica del fungicida Pyraclostrobin para el control de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en banano Gran Enano.

Tratamientos	Ingrediente activo	Dosis/hectárea	
		Ingrediente activo (g)	Producto formulado (ml)
Bas 500 OO F	Pyraclostrobin	75	300
Bas 500 OO F	Pyraclostrobin	100	400
Bas 500 OO F	Pyraclostrobin	125	500
Bankit	Azoxystrobin	100	400
Testigo	-	-	-

calas de Stover modificada por Gauhl (1990) y Fouré (1985).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hoja más joven infectada con pizcas. En el Cuadro 2 se presenta la información del efecto de las tres dosis del fungicida Pyraclostrobin y Azoxystrobin sobre la posición de la hoja más joven con pizcas (HMJP) de Sigatoka negra. En el muestreo previo a la primera aplicación (1/Sep/01) y en el realizado el 15/Sep/01 no existió diferencia significativa entre tratamientos, según el análisis de varianza y la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). En estos muestreos iniciales se registraron pizcas de la enfermedad entre las hojas No. 5.3 a la 6.2. A partir del tercer muestreo (29/Sep/01), todas las parcelas tratadas con cualquiera de las dosis de Pyraclostrobin (75, 100 y 125 g de i.a./ha) registraron menor grado de infección por pizcas en comparación con las parcelas testigo. En el último muestreo (24/Nov/01), la HMJP en los tratamientos con Pyraclostrobin fue de la No. 8.8 a la 9.4,

mientras que la parcela aplicada con Azoxystrobin tuvo un valor de 9.4 y el testigo de 4.6.

Hoja más joven infectada con manchas. En el muestreo previo (1/Sep/01) y segundo muestreo (15/Sep/01), la hoja más joven con manchas (HMJM) de sigatoka negra resultó estadísticamente similar entre los tratamientos de fungicidas (Pyraclostrobin y Azoxystrobin) con el testigo sin control (Cuadro 3). Del tercero al séptimo muestreo (29/Sep/01 al 24/Nov/01), todos los tratamientos de Pyraclostrobin en dosis de 75, 100 y 125 g de i.a./ha abatieron significativamente los niveles de infección por manchas de sigatoka negra en comparación al testigo. Los tratamientos de Pyraclostrobin registraron manchas entre la hoja No. 11.5 a 12.5, mientras que el testigo presentó manchas entre la hoja No. 7.4 y 8.7. No hubo diferencia significativa en la HMJM entre las dosis evaluadas de Pyraclostrobin. El Azoxystrobin a razón de 100 g de i.a./ha tuvo un control similar al Pyraclostrobin.

Promedio ponderado de infección. Durante el

Cuadro 2. Efecto de la aplicación de tres dosis de Pyraclostrobin (75, 100 y 125 g de i.a./ha) y Azoxystrobin (100 g de i.a./ha) sobre el valor de la hoja más joven con pizcas de sigatoka negra en plantas de banano Gran Enano.

Tratamientos (i.a./ha)	Hoja más joven con pizcas (No.)						
	Fechas de muestreo						
	1/Sep/01 (Muestreo previo)	15/Sep/01 (2° Muestreo)	29/Sep/01 (3° muestreo)	13/Oct/01 (4° muestreo)	27/Oct/01 (5° muestreo)	10/Nov/01 (6° muestreo)	24/Nov/01 (7° muestreo)
Pyraclostrobin (75 g)	5.5 a	6.2 a	7.1 a	7.6 a	8.1 a	8.2 a	8.8 a
Pyraclostrobin (100 g)	5.3 a	5.7 a	6.6 a	8.1 a	8.6 a	8.8 a	9.4 a
Pyraclostrobin (125 g)	5.5 a	5.9 a	6.8 a	7.9 a	8.5 a	8.9 a	9.4 a
Azoxystrobin (100 g)	5.3 a	6.1 a	6.9 a	7.8 a	8.2 a	8.7 a	9.4 a
Testigo	5.4 a	5.4 a	4.8 b	4.6 b	4.5 b	4.3 b	4.6 b

Separación de medias según la prueba de Tukey al 95% de probabilidad.

Cuadro 3. Efecto de la aplicación de tres dosis de Pyraclostrobin y Azoxystrobin sobre el valor de la hoja más joven con manchas de sigatoka negra en plantas de banano Gran Enano.

Tratamientos (i.a./ha)	Hoja más joven con manchas (No.)						
	Fechas de muestreo						
	1/Sep/01 (Muestreo previo)	15/Sep/01 (2° Muestreo)	29/Sep/01 (3° muestreo)	13/Oct/01 (4° muestreo)	27/Oct/01 (5° muestreo)	10/Nov/01 (6° muestreo)	24/Nov/01 (7° muestreo)
Pyraclostrobin (75 g)	11.5 a	11.2 a	12.5 a	11.5 a	12.0 a	12.0 a	12.0 a
Pyraclostrobin (100 g)	11.0 a	10.8 a	11.5 a	11.7 a	12.0 a	12.4 a	12.5 a
Pyraclostrobin (125 g)	11.0 a	11.1 a	11.8 a	11.6 a	12.1 a	12.4 a	12.2 a
Azoxystrobin (100 g)	11.0 a	11.2 a	10.8 a	11.2 a	12.4 a	12.1 a	12.0 a
Testigo	10.9 a	10.7 a	8.5 b	8.7 b	7.9 b	7.4 b	7.7 b

Separación de medias según la prueba de Tukey al 95% de probabilidad.

muestreo previo realizado el 1/Sep/01, se registraron valores del promedio ponderado de infección (PPI) estadísticamente similares entre Pyraclostrobin, Azoxystrobin y el testigo (Cuadro 4). En este muestreo, el PPI en las parcelas tratadas con Pyraclostrobin (75, 100 y 125 g de i.a/ha) fue de 0.269 a 0.319, en cambio en la parcela asperjada con Azoxystrobin el PPI resultó de 0.250. El PPI del testigo fue de 0.290. A partir del segundo muestreo (15/Sep/01), se observó una tendencia a disminuir el PPI en todas las plantas aplicadas con fungicidas con relación al testigo. Del 29/Sep/01 (tercer muestreo) al 24/Nov/01 (séptimo muestreo) todos los tratamientos con Pyraclostrobin registraron una menor severidad de sigatoka negra con relación al testigo sin control. El PPI en las parcelas tratadas con Pyraclostrobin fue disminuyendo progresivamente a través del tiempo, de tal forma que en el último muestreo el PPI fue de 0.000. En cambio en el testigo el PPI fue de 1.449. No hubo diferencia significativa entre

dosis de Pyraclostrobin. El Azoxystrobin a razón de 100 g de i.a./ha tuvo un PPI similar a cualquiera de las dosis de Pyraclostrobin.

Hojas enfermas por sigatoka negra (%). En el primer muestreo (1/Sep/01), el porcentaje de hojas afectadas por Sigatoka negra en todas las parcelas experimentales fluctuó entre 23.1 a 27.0% y no hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 5). En el segundo muestreo (15/Sep/01), los porcentajes de follaje enfermo también fueron similares entre todos los tratamientos con y sin control químico. A partir del tercer muestreo (29/Sep/01), todas las plantas tratadas con Pyraclostrobin presentaron menor incidencia de sigatoka negra en comparación al testigo. En el último muestreo, las parcelas tratadas con Pyraclostrobin registraron un 0.0% de hojas enfermas, mientras que el testigo presentó un 45% de hojas afectadas por la enfermedad. El Azoxystrobin tuvo un efecto similar a cualquiera de las dosis de Pyraclostrobin.

Cuadro 4. Efecto de la aplicación de tres dosis de Pyraclostrobin y Azoxystrobin sobre el promedio ponderado de infección por sigatoka negra en plantas de banano Gran Enano.

Tratamientos (i.a./ha)	Promedio ponderado de infección						
	Fechas de muestreo						
	1/Sep/01 (Muestreo previo)	15/Sep/01 (2º Muestreo)	29/Sep/01 (3º muestreo)	13/Oct/01 (4º muestreo)	27/Oct/01 (5º muestreo)	10/Nov/01 (6º muestreo)	24/Nov/01 (7º muestreo)
Pyraclostrobin (75 g)	0.269 a	0.181 ab	0.117 b	0.072 b	0.051 b	0.023 b	0.000 b
Pyraclostrobin (100 g)	0.282 a	0.106 b	0.171 b	0.060 b	0.058 b	0.022 b	0.000 b
Pyraclostrobin (125 g)	0.319 a	0.118 ab	0.111 b	0.076 b	0.064 b	0.022 b	0.000 b
Azoxystrobin (100 g)	0.250 a	0.164 ab	0.194 b	0.132 b	0.060 b	0.015 b	0.000 b
Testigo	0.290 a	0.241 a	0.688 a	0.976 a	1.479 a	1.345 a	1.449 a

Separación de medias según la prueba de Tukey al 95% de probabilidad.

Cuadro 5. Efecto de la aplicación de tres dosis de Pyraclostrobin y Azoxystrobin sobre el porcentaje de hojas afectadas por sigatoka negra en plantas de banano Gran Enano.

Tratamientos (i.a./ha)	Hojas afectadas (%)						
	Fechas de muestreo						
	1/Sep/01 (Muestreo previo)	15/Sep/01 (2º Muestreo)	29/Sep/01 (3º muestreo)	13/Oct/01 (4º muestreo)	27/Oct/01 (5º muestreo)	10/Nov/01 (6º muestreo)	24/Nov/01 (7º muestreo)
Pyraclostrobin (75 g)	23.2 a	18.1 a	11.0 b	7.3 b	5.2 b	2.3 b	0.0 b
Pyraclostrobin (100 g)	26.4 a	10.6 a	13.9 b	5.3 b	5.2 b	2.2 b	0.0 b
Pyraclostrobin (125 g)	28.2 a	11.8 a	9.6 b	5.4 b	6.4 b	2.2 b	0.0 b
Azoxystrobin (100 g)	23.1 a	12.6 a	15.7 b	12.9 b	5.8 b	1.5 b	0.0 b
Testigo	27.0 a	21.3 a	37.5 a	39.4 a	45.4 a	44.5 a	41.0 a

Separación de medias según la prueba de Tukey al 95% de probabilidad.

Hojas funcionales por planta antes de floración. El número de hojas funcionales antes de la floración en el muestreo previo resultó estadísticamente similar entre los tratamientos de Pyraclostrobin (75, 100 y 125 g de i.a./ha), Azoxystrobin y el testigo sin control. Las plantas evaluadas tuvieron valores de alrededor de 13 hojas activas (Cuadro 6). Del segundo (15/Sep/01) al quinto muestreo (27/Oct/01), la cantidad de follaje activo por planta fue similar en todos los tratamientos evaluados. En los últimos dos muestreos (10/Nov/01 y 24/Nov/01) fue evidente el efecto de las aplicaciones de los tratamientos de Pyraclostrobin sobre el número de hojas funcionales por planta. Las plantas tratadas con cualquiera de las dosis de Pyraclostrobin tuvieron de 10.6 a 11.2 hojas activas, mientras que el testigo presentó 9.1 hojas activas. El Azoxystrobin registró un comportamiento similar al Pyraclostrobin en cualquiera de sus dosis.

El control de Sigatoka negra en las principales regiones productoras de banano en el mundo se basa principalmente en la aplicación continua de fungicidas de acción sistémica y de contacto. Los resultados obtenidos de este estudio demuestran la efectividad de las aplicaciones del fungicida Pyraclostrobin (Bas 500 OO F) en dosis de 75, 100 y 125 g de i.a./ha. El fungicida Pyraclostrobin pertenece a las estrobilurinas y la efectividad de este grupo químico en el control de esta enfermedad ha sido demostrada en estudios previos (Figuerola, 1998; Martillo, 1998). Asimismo, el uso de Azoxystrobin también registró un excelente control de la enfermedad. Las variables que reflejaron la excelente actividad biológica del fungicida

Pyraclostrobin fueron la hoja más joven con pizcas, hoja más joven con manchas, promedio ponderado de infección y porcentaje de hojas afectadas. Sin embargo, el promedio ponderado de infección es un parámetro eficiente para evaluar la efectividad biológica de fungicidas, ya que refleja la severidad de la sigatoka negra en todo el follaje de la planta. No se registró diferencia significativa entre las tres dosis del fungicida Pyraclostrobin (75, 100 y 125 g de i.a./ha) y Azoxystrobin, el fungicida comercial usado actualmente en el control de la enfermedad en México.

CONCLUSIONES

1. La aplicación foliar del fungicida Pyraclostrobin (Bas 500 OO F) en dosis de 75, 100 y 125 g de i.a./ha registró un control satisfactorio de sigatoka negra en banano Gran Enano.
2. Los resultados del presente estudio demuestran la efectividad biológica del fungicida Pyraclostrobin en el control de sigatoka negra. Se sugiere que bajo condiciones comerciales se aplique el fungicida Pyraclostrobin en dosis de 75 g de i.a./ha, ya que no se registró diferencia significativa con las dosis más altas (100 y 125 g de i.a./ha).
3. El Azoxystrobin es un fungicida de uso comercial en México. En este estudio, su aplicación en dosis de 100 g de i.a./ha registró un control de sigatoka negra similar al obtenido con cualquiera de las dosis de Pyraclostrobin.

LITERATURA CONSULTADA

Fariás-Larios, J., Orozco-S., M., y Guzmán-G., S. 1994. Control químico de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en

Cuadro 6. Efecto de la aplicación de tres dosis de Pyraclostrobin y Azoxystrobin sobre el número de hojas funcionales en plantas de banano Gran Enano previas a la floración.

Tratamientos (i.a./ha)	Hojas funcionales por planta (No.)						
	Fechas de muestreo						
	1/Sep/01 (Muestreo previo)	15/Sep/01 (2º Muestreo)	29/Sep/01 (3º muestreo)	13/Oct/01 (4º muestreo)	27/Oct/01 (5º muestreo)	10/Nov/01 (6º muestreo)	24/Nov/01 (7º muestreo)
Pyraclostrobin (75 g)	13.0 a	11.9 a	12.2 a	11.0 a	11.2 ab	10.9 a	10.7 a
Pyraclostrobin (100 g)	13.2 a	11.1 a	11.8 a	10.9 a	11.2 ab	11.3 a	10.8 a
Pyraclostrobin (125 g)	13.2 a	11.7 a	11.3 a	10.8 a	11.7 a	11.2 a	10.7 a
Azoxystrobin (100 g)	13.0 a	11.6 a	11.8 a	11.2 a	11.5 a	10.9 a	10.6 a
Testigo	13.0 a	11.8 a	11.2 a	11.3 a	10.2 b	9.1 b	9.1 b

Separación de medias según la prueba de Tukey al 95% de probabilidad.

- plátano Cv. Enano gigante con triazoles. XL Reunión Annual. Interamerican Society for Tropical Horticulture. Campeche, Campeche, México. P. 132.
- Figuroa, Q.L. 1998. Bankit 25 SC (azoxystrobin) y Anvil 25 SC (hexaconazole) + Turbocharge como penetrante en el control de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en banano. In: Memorias de la XII Reunión ACORBAT Ecuador 98. Guayaquil, Ecuador. p. 400-401.
- Foure, E. 1985. Black leaf streak disease of bananas and plantains (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), study of the symptoms and stages of the diseases in Gabon. IRFA, Paris, France.
- Gauhl, F. 1990. Epidemiología y ecología de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en plátano (*Musa* sp) en Costa Rica, UPEB. Panamá, Panamá. 126 p.
- Marín, V.D. y Romero, C.R. 1992. El combate de la sigatoka negra en banano. Corporación Bananera Nacional. Costa Rica. Boletín No. 4. 22 p.
- Martillo, Ch.E.E. 1998. Uso de Bankit (Azoxystrobin) en el Ecuador para el control de la sigatoka negra. In: Memorias de la XII Reunión ACORBAT Ecuador 98. Guayaquil, Ecuador. p. 402-403.
- Meredith, D. and Lawrence, J. 1969. Black leaf streak disease of bananas (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet): symptoms of the disease in Hawaii and notes on the conidial state of the causal fungus. Transaction British Mycological Soc. 52:459-476.
- Orozco-Santos, M., Orozco-Romero, J., Farias-Larios, J. and Vazquez, V. 1996. Black sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*) of bananas in the West of Mexico. INFOMUSA 5(1):23-24.
- Orozco-Santos, M. 1998. Manejo integrado de la sigatoka negra del plátano. SAGAR, INIFAP, CIPAC. Campo Experimental Tecmán. Tecmán, Colima, México. Folleto técnico No. 1. División Agrícola. 95 p.
- Orozco-Santos, M., Farías-Larios, J., Manzo-Sánchez, G., and Guzmán, González, S. 2001. Black sigatoka disease (*Mycosphaerella fijiensis*) in Mexico. INFOMUSA 10(1):33-37.
- Ramírez, S.G. y Rodríguez, C.J.C. 1996. Manual de producción de plátano para Tabasco y Norte de Chiapas. INIFAP, CIRGOC, Campo Experimental Huimanguillo. Huimanguillo, Tabasco, México. 80 p.
- Shillingford, C.A. 1990. Use of systemic fungicides to control leaf spot disease in *Musa*. p. 75-83. In: Fullerton, R.A. and Stover, R.H. (Eds.). Sigatoka leaf spot diseases of bananas. Proceeding of an international workshop. INIBAP. San José, Costa Rica. p. 374.
- Stover, R.H. 1980. Sigatoka leaf spot of bananas and plantains. Plant Disease 64:750-755.

Relación entre la anatomía foliar de variedades de *Musa* sp. y su comportamiento frente a la Sigatoka (amarilla y negra)

Relationship between leaf anatomy of some varieties of *Musa* sp. and its behavior towards Sigatoka (yellow and black) disease

R. Valerio¹, H. Lindorf² y E. de García¹

RESUMEN

La resistencia de algunas variedades de *Musa* sp. a la Sigatoka está relacionada a la presencia de barreras físicas asociadas a la anatomía foliar. En este trabajo se estudió la relación entre la anatomía foliar y el carácter de resistencia en 6 variedades de *Musa* sp.: FHIA-01, FHIA-02, FHIA-03, FAGRO 7, Yagambí km 5 y CIEN BTA-03 (somaclón resistente a la Sigatoka desarrollado en la UCV). También se estudiaron las variedades: Titiaro, altamente susceptible y Brasileiro (Williams), medianamente susceptible. Se analizaron desprendimientos epidérmicos y cortes transversales de las diferentes variedades. Se midieron las células epidérmicas y mesofilicas y se realizó conteo de estomas. Los datos se procesaron a través de ANOVA simple. La anatomía foliar de las seis variedades resistentes resultó similar encontrándose diferencias significativas a nivel morfométrico: las tres variedades FHIA y el somaclón CIEN BTA-03 presentaron mayores grosores cuticulares y epidérmicos, así como las menores densidades estomáticas concordando con su condición de resistentes. Las bajas densidades estomáticas están relacionadas con el carácter tetraploide. Las variedades Titiaro (diploide) y el cultivar Brasileiro (triploide) presentaron alta densidad de pequeños estomas. En el caso del Yagambí km 5 no se pudo relacionar la anatomía con su carácter resistente.

ABSTRACT

The resistance of some cultivars of *Musa* sp. to Sigatoka disease is related to the presence of physical barriers in the leaves. In this research, the relationship between the leaf anatomy and the resistance to Sigatoka is analyzed in six cultivars of *Musa* sp.: FHIA1, FHIA2, FHIA3, FAGRO 7, Yagambí km.5 and CIEN BTA-03 (a somaclone resistant to Sigatoka, which was developed in the UCV). Cv. Titiaro, highly susceptible and cv. Brasileiro (Williams), middling susceptible were also studied. Epidermal and mesophyll cells were measured and the stomata were counted. The data was processed through ANOVA statistical analysis. The leaf anatomy of all the cultivars was similar. Significant differences were found in the morphometric analysis: The three FHIAs cultivars and the somaclone CIEN BTA-03 showed thicker cuticle and epidermis, and low stomata density, which agree with the resistant character of these tetraploids. Cv. Titiaro (diploid) and cv. Williams (triploid) presented high density of small stomatas. Cultivar Yagambí km.5 did not show leaf anatomy features related to its resistance to Sigatoka disease.

INTRODUCCIÓN

Los bananos y plátanos, pertenecientes al género *Musa* sp. (Familia Musaceae, Orden Zingiberales, Clase Liliopsida) son plantas herbáceas perennes, rizomatosas, de 3.5 a 7.5 m de altura, constituídas por tallos formados por las vainas imbricadas de las hojas. Son considerados

como dos de los cultivos más importantes a nivel mundial al constituir el alimento básico de millones de personas en los países tropicales en vías de desarrollo y una importante fuente de ingresos para los mercados locales e internacionales. La producción anual mundial se ubica en el orden de los 86 millones de toneladas métricas, de las cuales alrededor de un tercio se produce en cada una de las

1. Laboratorio de Biotecnología Vegetal.

2. Laboratorio de Morfología y Anatomía Vegetal. Instituto de Biología Experimental, Universidad Central de Venezuela. Apdo. 47114. Los Chaguaramos, Caracas 1041, Venezuela. E-mail: rosannavalerio@latinmail.com y egarcia@reacciun.ve

siguientes regiones: Africa, Asia-Pacífico y Sudamérica-Caribe (Frison & Sharrock 2000).

En Venezuela, la producción de banano es relativamente alta (50.000 ha en producción) aunque las exportaciones se ubiquen en el 0,2 % de las exportaciones totales entre los productos alimenticios exportados como café y cacao. Aún cuando el cultivo de musáceas en nuestro país se ha incrementado en los últimos años, han surgido problemas ocasionados por el ataque de algunas plagas y enfermedades que ocasionan pérdidas en las cosechas (Surga 1988; Vásquez et al. 1990). Tal es el caso de la enfermedad de las hojas conocida como Sigatoka producida por un hongo del género *Mycosphaerella*. Existen dos tipos de Sigatoka: la negra, provocada por *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* y la amarilla, producida por *Mycosphaerella fijiensis* var. *musicola*.

La enfermedad tiene poco efecto sobre el comportamiento vegetativo de la planta: emergencia de nuevas hojas, altura de la planta, etc.; sin embargo, tiene un efecto significativo sobre el rendimiento del cultivo: peso del racimo, cantidad de racimos por hectárea y por ciclo de cultivo.

Aunque la Sigatoka puede ser controlada a través del uso de fungicidas, esto resulta en un incremento en los costos de producción y ocasiona daños al ambiente por lo que en este sentido, instituciones internacionales como la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA), han centrado sus investigaciones en el desarrollo de cultivares de plátano y cambures resistentes a través de cruzamientos clásicos entre genotipos diploides mejorados. Así, la FHIA ha obtenido los siguientes cultivares: FHIA-01 (AAAB), FHIA-02 (AAAB), FHIA-03 (AABB). Otros cultivares resistentes a la Sigatoka son: el FAGRO 7 (AAAA), el Yagambí Km 5 (AAA) y el somaclón CIENBTA-03, obtenido por Trujillo y García (1996) en la Universidad Central de Venezuela (Caracas, Venezuela) a partir del clón triploide de *Musa* sp. del Subgrupo Cavendish: Williams (AAA), llamado localmente Brasilero, susceptible a la Sigatoka, a través del cultivo *in vitro* con altas concentraciones de citoquininas.

La resistencia de algunas variedades de *Musa* sp. a la Sigatoka está relacionada con diversos mecanismos entre los cuales se pueden mencionar: 1) Los que se desarrollan una vez que el hongo ha penetrado los estomas: tal es el caso de

mecanismos fitoquímicos relacionados con la acumulación de fenoles y reacciones de incompatibilidad del hongo en el apoplasto del hospedero y 2) Los que controlan la entrada del hongo a la hoja mediante barreras físicas y los cuales incluyen rasgos de la anatomía foliar tales como: espesor y composición de la cutícula y tejidos epidérmicos, densidad estomática, tamaño del aerénquima, presencia de apéndices epidérmicos, etc. (Lindorf y col., 1985).

El objetivo fundamental del presente trabajo es estudiar la relación entre la anatomía foliar de variedades de *Musa* sp. y su comportamiento frente a la Sigatoka (amarilla y negra).

MATERIALES Y MÉTODOS

Las hojas de las 8 variedades de *Musa* sp. utilizadas para este estudio fueron obtenidas del banco de germoplasma de musáceas localizado en la Estación Experimental Samán Mocho, Estado Carabobo, perteneciente a la UCV. Se examinaron 8 variedades de *Musa* sp. las cuales se describen en la Tabla 1.

A partir de plantas de 1 metro de altura se tomaron hojas de las cuales se obtuvieron segmentos foliares de 10 cm de largo x 5 de ancho. Estos segmentos se fijaron en alcohol al 70 % hasta el momento de ser procesados como se especifica a continuación:

- a) **Epidermis:** Se realizaron desprendimientos epidérmicos a partir de material fijado obteniéndose secciones las cuales se colorearon con azul de toluidina y se montaron en glicerina acuosa 1:1. Los bordes del cubreobjetos fueron sellados con esmalte transparente para uñas.
- b) **Mesófilo:** Se hicieron cortes transversales a mano alzada los cuales fueron coloreados con azul de toluidina y montados en glicerina acuosa 1:1. Posteriormente las láminas se sellaron con esmalte transparente para uñas.

Se hicieron mediciones de las células y capas epidérmicas y mesofíticas mediante la utilización de un micrómetro ocular en un microscopio Ortoplan Leitz. Se realizaron un total de 25 mediciones por parámetro para cada variedad. El conteo de estomas se realizó bajo aumento de 25X seleccionando para ello 5 campos por lámina. Las fotografías fueron tomadas con una cámara Nikon FX- 35 DX. Los datos fueron procesados a través de la prueba estadística ANOVA simple.

Tabla1. Variedades de *Musa* sp. evaluadas.

Variedad	Planta(s) madre(s)	Genoma	Procedencia	Condición
Titiro	<i>Musa acuminata</i> (AA)	Aac	Sucríe	Susceptible a Sigatoka
Brasileño	<i>Musa acuminata</i> (AA) <i>Musa babisiana</i> (BB)	AAA	Aragua-Venezuela	Susceptible a Sigatoka Amarilla.
FHIA-01	<i>Musa acuminata</i> (AA) <i>Musa babisiana</i> (BB)	AAAB	FHIA-Honduras	Resistente a Sigatoka Negra, Mal de Panamá y Pudrición fungosa de la corona.
FHIA-02	<i>Musa acuminata</i> (AA) <i>Musa babisiana</i> (BB)	AAAB	FHIA-Honduras	Resistente a Sigatoka Negra
FHIA-03	<i>Musa acuminata</i> (AA) <i>Musa babisiana</i> (BB)	AABB	FHIA-Honduras	Resistente a Sigatoka Negra
FAGRO 7	<i>Musa acuminata</i> (AA)	AAAA	Aragua-Venezuela	Resistente a Sigatoka Amarilla
Yagambí Km5	<i>Musa acuminata</i> (AA)	AAA	-	Muy resistente a Sigatoka
CIE NBT A-03	Brasileño	AAAA?	UCV-Venezuela	Resistente a Sigatoka Negra y Amarilla

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La anatomía foliar de las ocho variedades estudiadas se corresponde con la descripción general para la mayoría de las especies de *Musa* (Tomlinson 1969; Sandoval 1989).

El análisis de varianza aplicado a las ocho va-

riedades de banano estudiadas con relación a 16 características morfométricas foliares reveló la presencia de diferencias altamente significativas entre las ocho variedades con relación a todas las características morfométricas evaluadas (Tabla 2).

A continuación se analizan algunas caracterís-

TABLA 2. Resultados de la aplicación del ANOVA Simple, Modelo I a las 16 variables foliares de las ocho variedades de banano estudiadas.

Variables estudiadas	Fs	Nivel de Significación	Decisión
Grosor cutícula adaxial +G. pared externa	21,70	***	Hi
Grosor cutícula abaxial +G. pared externa	10,21	***	Hi
Grosor de la epidermis adaxial	7,35	***	Hi
Grosor de la epidermis abaxial	25,65	***	Hi
Grosor hipodermis adaxial	70,26	***	Hi
Grosor hipodermis abaxial	134,50	***	Hi
Grosor de parénquima en empalizada	33,69	***	Hi
Grosor de parénquima esponjoso	214,9	***	Hi
Grosor total de la hoja	119,29	***	Hi
Distancia intervascular	84,43	***	Hi
Largo de las células clusivas adaxiales	132,00	***	Hi
Largo de las células clusivas abaxiales	175,10	***	Hi
Nº de estomas adaxiales/mm ²	107,10	***	Hi
No de estomas abaxiales/mm ²	338,7	***	Hi
Grosor capa más externa del P. en empalizada	73,53	***	Hi
Altura del canal aerífero	153,60	***	Hi

*** Diferencias altamente significativas ($\alpha=0,001$).

ticas anatómicas que se considera guardan mayor relación con la respuesta de las plantas de *Musa* frente a la Sigatoka. Estos caracteres están referidos en su mayoría a la superficie adaxial, superficie por donde se presume ocurre la penetración del hongo causante de la Sigatoka al interior de las hojas de banano.

De acuerdo a Anderson-Prouty & Albersheim (1975) la existencia de barreras mecánicas en los órganos vegetales dificulta el contacto o entrada de los agentes patógenos. Estas barreras mecánicas las constituyen características estructurales que actúan como barreras físicas impidiendo el establecimiento y penetración del patógeno y/o reacciones bioquímicas que tienen lugar en células o tejidos de la planta sintetizando metabolitos que inhiben el desarrollo del hongo (Schafer, 1994). Entre estas barreras el espesor, cantidad y calidad de la cera de la cutícula así como el espesor de los tejidos epidérmicos, constituyen características que pueden contribuir al impedimento de la infección por parte de patógenos.

En este estudio, los mayores grosores cuticulares, epidérmicos e hipodérmicos adaxiales los presentaron las variedades FHIA y el somaclón CIEN BTA-03 (Fig. 1a), lo cual concuerda con su condición de resistentes, siendo estos valores relativamente bajos en el cultivar Yagambí km 5 (Tabla 3, Fig. 1b). La resistencia en el cultivar Yagambí km 5 no parece estar asociada aparentemente a los rasgos anatómicos sino más bien a factores de tipo

bioquímico. A este respecto se ha señalado que la presencia y cantidad de compuestos químicos tales como fenoles también pueden tener un papel determinante en la respuesta ante el ataque del patógeno (Japayal y Mahadevan, 1968).

El grosor de la primera capa de parénquima en empalizada, zona donde comúnmente se desarrollan los peritecios del hongo causantes de la Sigatoka, resultó menor en las variedades susceptibles que en las resistentes (Tabla 3). El somaclón CIEN BTA-03, por ejemplo, presentó un valor del grosor de la primera capa de parénquima en empalizada de 49,02 versus 37,28 del cultivar Brasilero, su parental susceptible, lo cual concuerda con lo encontrado por Hermoso y col. (1997).

La densidad estomática y el tamaño del estoma son dos características comúnmente asociadas a las respuestas de las plantas para con los agentes patógenos. Estomas escasos y pequeños podrían constituir una mayor barrera contra la penetración de los agentes patógenos y viceversa. En este estudio se observó que las variedades resistentes FHIA y el somaclón CIEN BTA-03 presentaron los mayores tamaños estomáticos y las menores densidades, a diferencia de lo observado en la variedad Titiaro (Tabla 3, Fig. 2). Cuando se compara al somaclón CIEN BTA-03 con su parental Brasilero susceptible, se observa que la densidad estomática del primero es menor (9,76 vs 15,04) lo cual concuerda plenamente con lo reportado por Hermoso y col. (1997) y Trujillo y col. (1997). Si se con-

TABLA 3. Promedios (μm) de los distintos parámetros anatómicos foliares considerados en este estudio.

	F1	F2	F3	BR	CB	F7	TI	YG
Gr. Cutícula adaxial	2,81	2,52	2,38	2,05	1,97	1,93	1,86	1,52
Gr. Epidermis adaxial	12,36	12,41	10,91	11,55	11,09	11,73	8,26	9,47
Gr. Hipodermis adaxial	73,18	77,16	62,61	66,73	60,20	61,41	34,41	41,71
Gr. 1ra capa Parénq en empalizada	49,02	51,91	47,11	37,28	49,02	43,33	32,81	43,71
Long. Clé Ocl. Adax.	39,88	36,11	36,71	40,57	42,59	37,28	27,91	28,71
Nº estomas adax mm^2	17,60	16,31	10,41	15,04	9,76	33,92	35,31	43,61

sidera que el hongo causante de la Sigatoka penetra principalmente vía estomática, una baja densidad estomática como la presentada por las variedades antes mencionadas, podría ser uno de los factores responsables del mayor grado de resistencia a la enfermedad presentado por las mismas. Cuando se relacionó el nivel de ploidía con la densidad estomática se observó que las variedades Yagambí km 5 (triploide acuminata) y Titiaro (diploide acuminata), es decir, aquellas variedades con los más bajos niveles de ploidía, presentaron las más altas densidades estomáticas y estomas reducidos, lo cual concuerda plenamente con lo señalado por Vandenhout y col. (1995) en el sentido de que bajos niveles de ploidía están significativamente correlacionados con altas densidades estomáticas.

CONCLUSIONES

- 1.- La presencia de una cutícula, epidermis e hipodermis de mayor grosor en las variedades FHIA y el somaclón CIEN BTA-03 podría estar relacionada con la resistencia a Sigatoka.
- 2.- La resistencia a Sigatoka en el Yagambí km 5 no puede atribuirse a sus rasgos anatómicos sino, probablemente, a factores o mecanismos de tipo bioquímico.
- 3.- La resistencia a Sigatoka en el somaclón CIEN BTA-03 podría estar asociada a su baja densidad estomática y al grosor de la primera capa de parénquima en empalizada.
- 4.- Se corroboró la relación existente entre el nivel de ploidía y la densidad estomática de los cultivares de banano.

RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen al Fondo Nacional para la Ciencia y la Tecnología (FONACIT) por el financiamiento otorgado a través del proyecto N°

G97000-700 y a la Universidad Central de Venezuela por el suministro de reactivos y equipos requeridos para desarrollar esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Anderson-Prouty, A. and P. Albersheim. 1975. Host pathogen interactions. *Plant physiology* 56: 286-291.
- Frison, E. A. and S. L. Sharrock. 2000. Biodiversidad y producción sostenible del banano. [www. Bananafair.de/publ/report/spa/5.htm](http://www.Bananafair.de/publ/report/spa/5.htm).
- Hermoso, L.; H. Lindorf y E. de García. 1997. Anatomía foliar del variante somaclonal (CIEN BTA-03) *Musa* sp., resistente a la Sigatoka Amarilla. *Anales de Botánica Agrícola* 4: 63-66.
- Japayal, R. and A. Mahadevan. 1968. Biochemical changes in banana leaves in response to leaf spot pathogens. *Indian Phytopathology* 21: 43-48.
- Lindorf, H.; L. Parísca y P. Rodríguez. 1985. Botánica: Clasificación, Estructura y Reproducción. Ediciones de la Biblioteca de la Universidad Central de Venezuela.
- Sandoval, J. 1989. Estudio de la anatomía y morfología vegetativas de plantas de *Musa* in vitro, en condiciones de aclimatación y en el campo. Tesis Magister Scientiae. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 178 pp.
- Schafer, W. 1994. Molecular mechanism of fungal pathogenicity to plants. *Ann. Rev. Phytopathol.* 32: 461-477.
- Surga. 1988. Obtención de plantas libres del virus del mosaico de pepino por cultivo de ápices meristemáticos aislados "in vitro" de dos cultivares de banano. *Fitopatología venezolana* 1 (2): 69-72.
- Tomlinson, P. B. 1969. Commelinales-Zingiberales. In: C.R. Metcalfe (ed). *Anatomy of the Monocotyledons*. Vol.III. Oxford University Press, London.
- Trujillo, I. y E. de García. 1996. Strategies for obtaining somaclonal variants resistant to yellow Sigatoka (*Mycosphaerella musicola*). *Infomusa* 5:12-13.
- Trujillo, I.; L. Hermoso y E. de García. 1997. Caracterización estructural de clones de banano: resistentes y no resistentes a la Sigatoka Amarilla. *Anales de Botánica Agrícola* 4: 59-62.
- Vandenhout, H.; R. Ortiz; D. Vuylsteke, R.; R. Swennem & K. V. Bai. 1995. Effect of Ploidy on stomatal and other quantitative traits in plantain and banana hybrids. *Euphytica* 83: 117-122.
- Vásquez, A.; A. Tapia y J. J. Galindo. 1990. Ultrastructural studies of the infection process of *Mycosphaerella fijiensis* on *Musa* cultivars. *Euphytica* 88: 25-34.

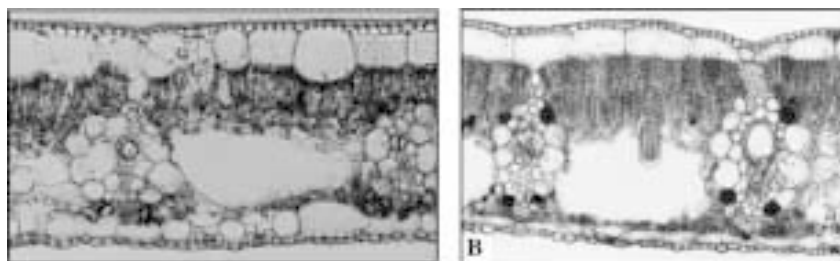


Fig. 1. Mesófilo. A) CIEN BTA-03 (alto grosor cuticular, epidérmico e hipodérmico); B) Yagambí km 5 (bajo grosor cuticular, epidérmico e hipodérmico). 20x.

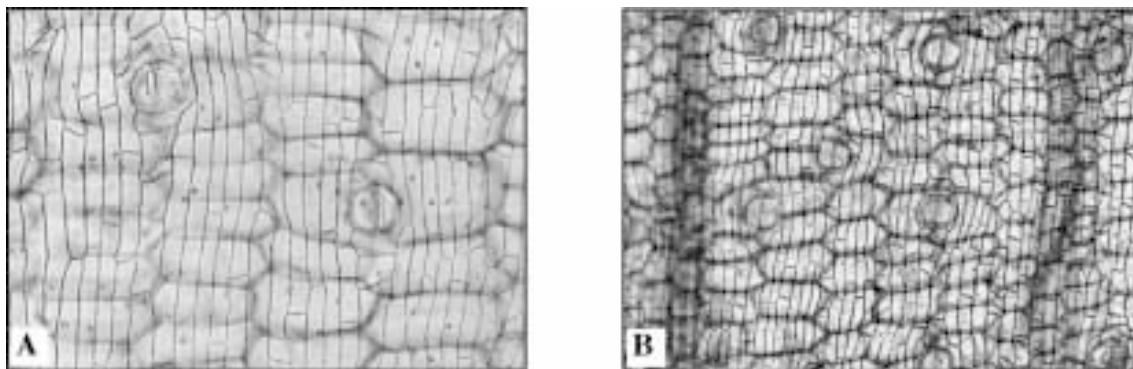


Fig. 2. Epidermis adaxial. A) CIEN BTA-03 (baja densidad estomática); B) Titiaro (alta densidad estomática). 20x.

The effect of Siganex® (Pyrimethanil 60SC) on the early infection stages of Black Sigatoka

EL el efecto de Siganex® (Pyrimethanil 60Sc) sobre los estados precoces de la infección de la Sigatoka Negra.

Herrera (1), J. Arroyave (2), P. Duvert (3) and B. Jacqmin (4)

ABSTRACT

The effect of timed preventive and curative applications of pyrimethanil (Siganex®) against the establishment of *Mycosphaerella fijiensis* (Morelet) Deighton on banana leaves (*Musa acuminata* AAA) was investigated using scanning electron microscopy. These effects, variable between treatment times, were quantified. At 6g a.i./litre of water, preventive applications generated some inhibition of spore germination. More importantly, alterations of the germ tube were observed (reduced growth, bud swelling, deformation, dehydration). By curative applications on the early infection process, germ tubes were again locally affected showing strong dehydration before they enter stomatas. These observations illustrate pyrimethanil's versatility on early events of the disease development. On-going additional studies are being carried out to determine its action on later developmental stages of Black Sigatoka.

Key words: Siganex®, pyrimethanil, Black Sigatoka, *Mycosphaerella fijiensis*, microscopy.

RESUMEN

El efecto de aplicaciones preventivas y curativas de Pyrimethanil (Siganex®) sobre el establecimiento de *Mycosphaerella fijiensis* (Morelet) Deighton en hojas de banano (*Musa acuminata* AAA) fue investigado usando microscopía electrónica de barrido. Estos efectos, variables en función de la época de aplicación, han sido observados. A una dosis de 6g ia/litro de agua, las aplicaciones preventivas han generado inhibición del proceso de germinación de las esporas. De manera más importante, alteraciones del tubo germinativo fueron observados (reducción del crecimiento, abultamiento, deformación y deshidratación). Con las aplicaciones curativas sobre etapas tempranas del proceso de infección, los tubos germinativos fueron nuevamente afectados mostrando una fuerte deshidratación antes de penetrar los estomas. Estas observaciones ilustran la versatilidad del Pyrimethanil sobre fases tempranas de desarrollo de la enfermedad. Estudios adicionales están actualmente en curso para medir su eficacia sobre estados más avanzados de la Sigatoka Negra.

I

INTRODUCTION

Black Sigatoka is the most economically important disease of banana and plantain significantly threatening these crops. To control this disease, different fungicide classes have been developed and commercialised during the past decades. These are the dithiocarbamates (e.g. mancozeb), chloronitrile (chlorothalonil), morpholines (tridemorph), benzimidazoles (e.g.

benomyl), triazoles (e.g. tebuconazole, propiconazole) and strobilurines (azoxystrobin, trifloxystrobin). Due to the very high disease pressure in many of the areas of production, resistance issues to some of these chemistries have appeared and developed (Chin *et al.*, 2000; Romero & Sutton, 1997). Therefore, new fungicides with different mode of action are considered of great interest as additional tools in the anti-resistance

(1)(4) Aventis CropScience Colombia. Carrera 7 n° 71-21, Piso 19, Santa Fe de Bogotá. Tel.: (57) 1 313-8480. Fax.: (57) 1 326-1745. E-mail: bernard.jacqmin@aventis.com

(2). CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Palmira, Km 17, Recta Cali-Palmira, Cali, Colombia. Tel.: (57) 2 445-0000. Fax.: (57) 2 445-0073. E-mail: josearroyave@cgiar.com

(3) Aventis CropScience SA - 14-20 rue Pierre Baizet - 69263 Lyon Cedex 09 - France. Tel.: (33) 4 72852295. Fax.: (33) 4 72852070. E-mail: patrice.duvert@aventis.com

management of the plantations.

Siganex[®] is a new product containing pyrimethanil as the active ingredient. This fungicide is known to exhibit the following biochemical mode of action for the control of *Botrytis cinerea*: the inhibition of the secretion of enzymes produced by the fungus during the infection process (Milling & Daniels, 1996). This mode of action, expected to be similar on *Mycosphaerella fijiensis*, makes it novel for the control of this disease. Its field performance has been previously described by Gonzalez *et al.* (2000). It can be considered as a local systemic fungicide exhibiting both preventive and curative properties.

The objective of this study is to elucidate, by the use of scanning microscopy, the biological mode of action against early events of the infection process when applied in both preventive and curative ways.

MATERIALS AND METHODS

Banana leaf tissue preparation: A 3% water agar solution was prepared and poured warm into Petri dishes. Before it solidified, 30x5 mm pieces of leaf tissue were put upside up onto the medium, with the edges inserted into the medium to avoid dehydration of the samples. By this way, samples were able to be stored for at least 2 weeks.

Leaf tissue inoculation: Naturally infected leaf pieces were collected from the field in the “zona bananera del Uraba antioqueño” and kept moist for 3 hours in the laboratory. Then, 2cm² leaf pieces were fixed on a paper towel and stuck onto the lid of the Petri dishes containing both the water agar medium and healthy leaf tissue (see figure 1 below). This technique allows ascospores to be discharged onto healthy tissue (duration time: 4 hours at 28°C,

90% RH). Then, dishes were placed in a growth chamber at 100% RH to allow ascospores to germinate and initiate the infection process.

Fungicide applications: SiganeX[®] (pyrimethanil) was sprayed with a micro-applicator (Badger[®], 30 psi) onto leaf tissue in solution with water in order to reach 6g a.i./litre spraying solution and achieved the dose rate in the field considering an average water volume of 50l/ha. No oil was added to the spraying solution to avoid any interaction with pyrimethanil. The fungicide was either applied as a preventive spray, 1, 3 or 5 days prior to inoculation by fungal ascospores or as an early curative spray, 1, 2 or 3 days after the inoculation.

Sample preparation for scanning microscopy observation: Samples of leaf tissue supporting the highest ascospores densities were preferably selected and cut into 5mm² pieces (3 replicates per each timing of fungicide application). These leaf pieces were then fixed in a glutaraldehyde phosphate buffer at 0.1M (pH 7.2) for 24 hours before transferring into a 1% osmium tetroxide solution in distilled water for 1 hour. Then, dehydration was performed by successively introducing the samples into 25, 50, 75 and 90% alcoholic solutions for 20 minutes each, and completed by soaking 3 times in 100% alcohol for 20 minutes each.

After the dehydration process was performed, samples were placed in a dryer to eliminate any liquids which could still be present in the tissue. This critical point dryer allows to fully dehydrate the tissue without altering pathogen structures. Then, samples were coated with a palladium gold film of 34 nanometres thickness and, finally analysed by scanning microscopy (JEOL JSM820[®] Scanning Microscope).

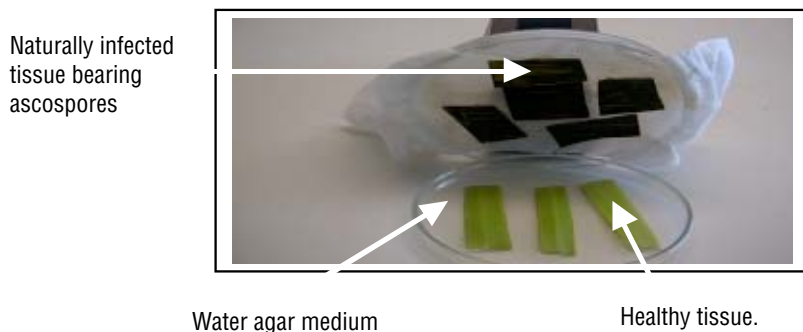


Figure 1: Inoculation methodology.

RESULTS AND DISCUSSION

Preventive applications:

When not challenged by the fungicide, the ascospores germinated well, bearing two germ tubes. Each of them emerged from each fungal cell and grew normally (figure 2).

The application of the fungicide produced a shift from the normal germination process described above mainly towards an altered germination (see below) and the presence of some ascospores exhibiting no germination at all (figure 3).

The closer the fungicide application was made to the moment of infection, the stronger the effect was on spore germination. Nevertheless, this is not the principal site of action of pyrimethanil since only 27% of the ascospores did not germinate when the fungicide was applied only 1 day prior to the inoculation. More significant is the effect on

germ tube growth since 60-70% of the ascospores were found to have strongly deformed germ tubes. Various effects were observed including the presence of only one germ tube per ascospore, and alterations of this fungal structure such as reduced growth, dehydration and consequently deformation such as bud swelling (figure 4).

The presence of non-affected ascospores, which germinated normally, was linked to the timing of the preventive application. These were not present when the fungicide was applied 1 day prior to inoculation, but progressively reached 10% and 13% with preventive applications at 3 and 5 days prior to inoculation; confirming a significant residual activity of Siganex[®] under these optimal conditions for the development of the pathogen.

Curative applications:

Timed curative applications resulted in a high proportion of incomplete, altered germ tubes

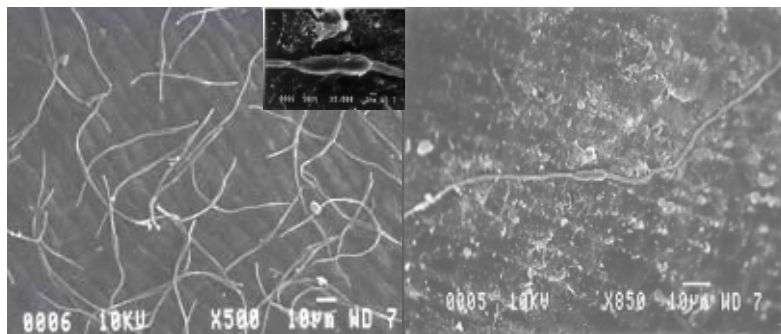


Figure 2: Germination of *Mycosphaella fijiensis* ascospores on untreated banana leaf tissue.

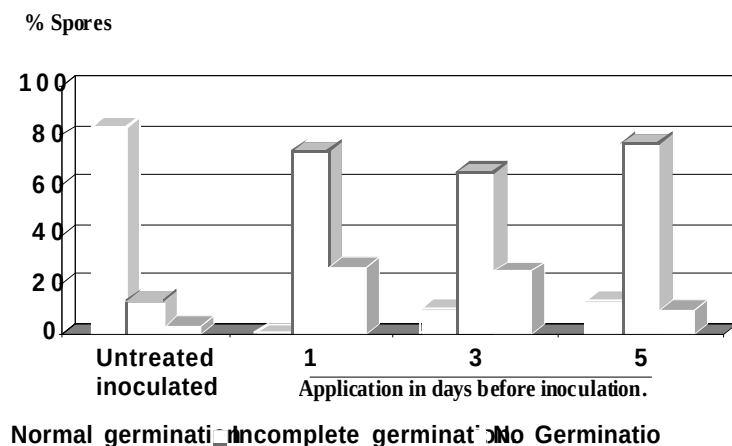


Figure 3: Effect of preventive applications of Siganex[®] on early events of the infection process by *M. fijiensis*.

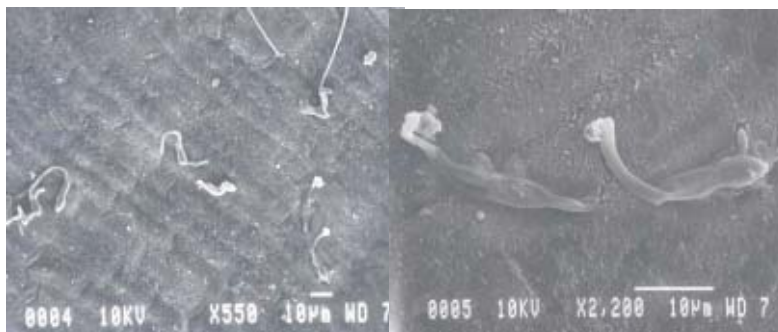


Figure 4: Development of *Mycosphaerella fijiensis* germ tube treated with a preventive application of Siganex®.

whereas the untreated ascospores germinated well (figure 5).

The symptoms observed were mainly a strong dehydration of the germ tubes which collapsed (figure 6).

No difference was observed when the fungicide was applied 1, 2 or 3 days after the inoculation confirming the significant ability of the product to stop the development of the fungus on the plant.

CONCLUSIONS

These data illustrate how pyrimethanil works on early events of the pathogen development under both preventive and curative applications. In preventive sprays, pyrimethanil is mainly effective on germ tube growth. Furthermore, an additional secondary effect can be observed on spore germination when the application is made close to the time of infection by ascospores. The effect on

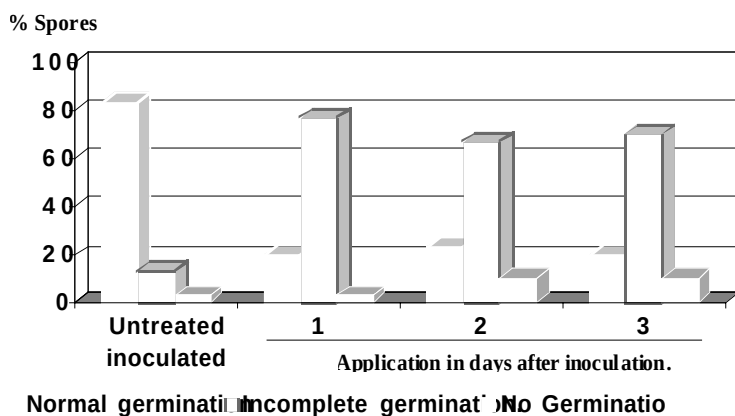


Figure 5: Effect of curative applications of Siganex® on early infection stages of *M. fijiensis*.

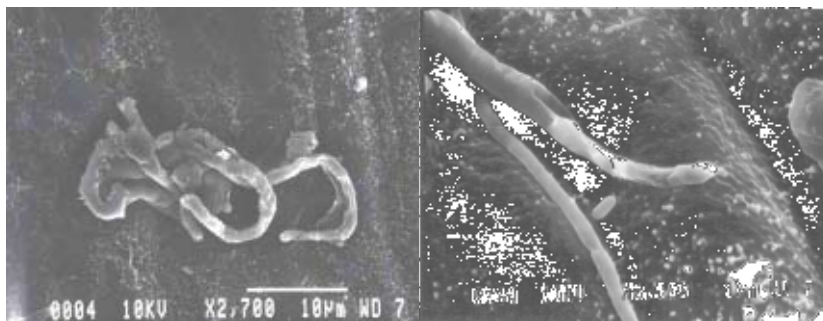


Figure 6: Development of germ tubes of *Mycosphaerella fijiensis* when challenged by a curative application of Siganex®.

germ tube growth is consistent with previous findings on other pathogens such as *Botrytis cinerea* (Daniels & Lucas, 1995) and *Venturia inaequalis* (Daniels *et al.*, 1994). A significant curative activity has been observed during this investigation with no differences when the product was applied from 1 to 3 days post inoculation. This curative activity might be longer but has not been tested in this study.

Therefore, Siganex[®] can be considered as both a preventive and curative product, offering a good flexibility of use in commercial conditions notably when disease pressure increases under humid regimes. This is particularly important with such a disease providing almost continuous infections under conducive conditions. Siganex[®] is a new tool for the control of Black Sigatoka in banana and plantain. It is recommended for use under both dry and rainy seasons at the dose rate of 300g/ha pyrimethanil (0.5l/ha Siganex[®]).

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors want to thank Jose Hernández from Aventis CS Colombia who, thanks to his expertise on pathogen SEM (Scanning electronic

microscopy) provided precise recommendations and orientation during this study.

The authors also want to thank Norberto Hernández from Aventis CS Colombia for his support and enthusiasm in the realisation of this work.

BIBLIOGRAPHY

- CHIN K.M., KUENG FAERBER R. and LAIRD D, 2000. Aspects of fungicide cross-resistance and implications for strobilurins. Brighton Crop Protection Conference - Pests and Diseases - 1, 415-420.
- DANIELS A., BIRCHMORE R.J. and WINTER E.H., 1994. Activity of pyrimethanil on *Venturia inaequalis*. Brighton Crop Protection Conference - Pests and Diseases - 2, 525-532.
- DANIELS A. and LUCAS J.A., 1995. Mode of action of the anilino-pyrimidine fungicide pyrimethanil. 1. *In vivo* activity against *Botrytis fabae* on broad bean (*Vicia faba*) leaves. Pesticide Science, 45, 33-41.
- GONZALEZ R., BOCANEGRA J., OSORIO C. and VALLADARES J., 2000. Effect of Siganex (pyrimethanil) 60SC in the control of Black Sigatoka. ACORBAT – 2000, Resúmenes, XIV Reunion, p. 69.
- MILLING R. J. and DANIELS A., 1996. Effects of pyrimethanil on the infection process and secretion of fungal cell wall degrading enzymes. In: Modern Fungicides and Antifungal Compounds, pp. 53-59. Intercept Ltd., Andover, UK.
- ROMERO R.A. and SUTTON T.B., 1997. Sensitivity of *Mycosphaerella fijiensis*, causal agent of black sigatoka of banana, to propiconazole. Phytopathology, 87(1), 96-100.

Virus emergentes en plátano y banano: un nuevo limitante para la producción en la zona cafetera colombiana

Gerardo Martínez López, Ph.D.

Resumen

En las actividades orientadas al estudio de un disturbio observado en plantas de plátano Dominico hartón en la finca Buenos Aires, vereda el Trébol en el municipio de Chinchina, Caldas, caracterizado por la presencia de rayas cloróticas en la base de las hojas que presentaron los primeros síntomas, clorosis generalizada en la hoja siguiente y necrosis y dificultad para el desarrollo de la siguiente, que corresponde a la hoja cigarro, haciendo uso de los síntomas, pruebas de tinción negativa, para microscopía electrónica, pruebas inmunoenzimáticas e inoculación mecánica en plantas de pepino (*Cucumis sativus*, L), llevaron a detectar la presencia de por lo menos dos virus, el virus del Mosaico del pepino (Cucumber mosaic *cucumovirus*, CMV) y el virus del Mosaico suave del banano (Banana mild mosaic *foveavirus*, BanMMV). La severidad de los síntomas y la rapidez de su diseminación llevo a que en un período de 60 días alrededor de 50% de las plantas tuvieran que ser erradicadas para ayudar a prevenir la diseminación de la misma. Se llama la atención sobre las implicaciones de éstos virus en la rentabilidad del cultivo en la zona cafetera colombiana y la necesidad de establecer estrategias que permitan el manejo y control de éstas enfermedades.

Palabras claves: plátano, virus, Colombia.

Abstract

In the research activities of a disease problem in plantain Dominico harton in the farm Buenos Aires, el Trebol, Chinchina, Caldas, characterized by the presence of chlorotic streaks in the base of the leaves that developed the first symptoms, generalized chlorosis of the following leave, and necrosis and difficulties for the development of the following one, the cigar leaf, using the disease symptoms, negative stain test for electron microscopy, immunoenzymatic test and mechanical inoculations in cucumber (*Cucumis sativus*, L.), it was possible to identify at least two plant viruses, the Cucumber mosaic *cucumovirus*, and the Banana mild mosaic *foveavirus*, BanMMV). As a result of the severity of the symptoms and the dissemination speed in a period of 60 days it was necessary to eradicate at least 50% of infected plants, to prevent the further spread of the disease. It is necessary to pay attention to the implications that the presence of these viruses are going to have in the yield of the crop in coffee growing area in Colombia, and the need to establish management and control measures to prevent the impact of these diseases

Key words: plantain, virus, Colombia.

I

INTRODUCCIÓN

El banano y el plátano son dos cultivos de gran importancia no sólo en la zona cafetera colombiana, sino en muchos de los trópicos del mundo, donde se cultiva una gran diversidad de variedades para uso directo, el consumo local y para exportación (Magnave y Valmayor, 1995; Martínez *et al.*, 2002).

Como todas las especies vegetales, a medida que se intensifica su cultivo se incrementan los pro-

blemas de plagas y enfermedades y es así como éstos dos cultivos se ven afectados por una serie de problemas sanitarios que interfieren con su producción y llegan a causar pérdidas muy severas. Entre éste complejo de enemigos del cultivo se encuentran varios virus que han sido registrados en el ámbito internacional y algunos de los cuales ya han sido reconocidos en las áreas de producción en Colombia, como es el caso del virus del Mosaico de pepino (Cucumber mosaic *cucumovirus*,

* Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Calas, Manizales. GerardoMartinezL@netscape.net

CMV)(Cataño *et al.*, 1993; Escobar y Martínez) y el virus del Rayado del banano (*Banana streak badnavirus*, BSV) (Reichel *et al.*, 1998). Más recientemente hay evidencias de la presencia del virus del Mosaico suave del banano (*Banana mild mosaic foveavirus*, BanMMV) (F. Morales, comunicación personal).

En la zona cafetera colombiana hay evidencias no publicada en las que en una u otra oportunidad se sugiere la presencia de plantas posiblemente afectadas por virus, pero no se cuentan con registros en los cuales se establezca un seguimiento a los mismos, se determine cual de los posibles virus está presente, se identifiquen sus vectores, sus plantas hospederas, sus métodos de disseminación, se establezca su importancia económica y se generen las prácticas de manejo y control que contribuyan a reducir su incidencia y severidad y por consiguiente las pérdidas asociadas con estas enfermedades. Como resultado de las observaciones realizadas por Martínez y colaboradores (2002), se visualiza la necesidad de entrar a considerar éstos agentes patógenos como uno de los factores limitantes a la producción en ésta zona.

Virus en plátano y banano

Los virus de plantas son uno de los patógenos responsables de grandes pérdidas en las cosechas, por la muerte de las plantas afectadas o por el efecto degenerativo que ellos ocasionan en ellas. La severidad de los síntomas está estrechamente relacionada con la edad de la planta en el momento de la infección, la susceptibilidad de la misma y las condiciones ambientales prevalentes, las cuales pueden favorecer la expresión de los síntomas o promover su enmascaramiento, hasta llegar a pensar en una aparente curación (Cooper, 1995; Dijkstra; 1998, Duffus, 1971; Kado y Knight, 1970; Mathews, 1991, 1992).

Virus del Mosaico del pepino (Cucumber mosaic *cucumovirus*, CMV)

El CMV, conocido en banano como el virus del Mosaico del banano, Clorosis infecciosa, Pudrición del corazón y el virus de la Pudrición del vástago se encuentra donde se cultive el banano y el plátano. Es un virus con una amplia gama de plantas hospederas, pero se asocia con problemas meno-

res en estos cultivos, cuando se presentan brotes ocasionales (Magnave y Valmayor, 1995). Se describió por primera vez en banano en Australia (Gowen, 1950). Su incidencia va desde muy frecuente hasta ocasional. Algunas veces pasa inadvertida, pues sus síntomas no son muy claros y tiende a desaparecer y reaparecer periódicamente (Stover, 1972).

El virus del Mosaico del pepino se transmite mecánicamente y en forma no persistente por varias especies de pulgones. Los dos más comunes son el pulgón del algodón *Aphis gossypii*, y el pulgón del maíz *Rhopalosiphum maidis*. También se han identificado como vectores *Myzus persicae*, *Macrosiphum pisi* y *Rhopalosiphum prunifoliae*. El papel del pulgón del banano *Pentalonia nigronervosa*, está en controversia. Algunos investigadores han registrado su transmisión mientras otros presentan resultados negativos (Magnave y Valmayor, 1995). Se sugiere que la forma principal de dispersión es por los pulgones que migran desde sus hospederas, que son numerosas, hacia el banano y no entre plantas de banano. Las infecciones son menos frecuentes en cultivos de banano rodeados por cultivos de banano o de arroz, que en aquellos rodeados de cultivos de hortalizas, y se hace una diferenciación entre los aislamientos de virus que se originan en legumbres y los más virulentos que se originan en pepino (Gowen, 1995).

Los síntomas de la enfermedad se caracterizan por una clorosis internerval muy definida. En casos severos está acompañada por pudrición de la hoja cigarro así como del cilindro central. Sin embargo, la infección en los cultivos está localizada y muy ocasionalmente se desarrolla en un brote severo. Los ataques suaves pueden conducir a una recuperación total. Las plantas infectadas se quedan pequeñas y tienen una producción baja. El virus tiene una cadena sencilla de ARN en partículas isométricas de 29 nm de diámetro. Hay muchos aislamientos del virus (Gowen 1995).

El virus se puede controlar con el uso de material de propagación sano y la implementación de programas de indexación del material de propagación, la erradicación de plantas enfermas, y el control de malezas. La propagación *in vitro* no es una garantía de obtención de plantas libres de virus, pero el cultivo de meristemos permite obtener plantas sanas (Magnave y Valmayor, 1995).

Virus del Arrosetamiento de los cogollos del banano (Banana bunchy top, BBTV)

Este virus es considerado por algunos investigadores como el más importante en éstos cultivos (Magnave y Valmayor, 1995). Fue reconocido inicialmente en la isla de Fiji en 1890 y su naturaleza viral la estableció C.J.P. Magee en Australia en 1913, cuando demostró su transmisión por el pulgón del banano *Pentalonia nigronervosa* Coq, único medio reconocido de transmisión. Su diseminación a nivel internacional ha tenido lugar en los materiales de propagación (Wardlaw, 1961). Afortunadamente aún no se ha registrado en Latinoamérica o el Caribe (Jones, 1993). Este insecto también se encuentra colonizando especies de *Heliconia*, *Strelitzia* y *Ravenala* y ocasionalmente en *Canna* y *Zingiber* pero sin que las colonicen por períodos prolongados (Magnave y Valmayor, 1995).

Los estudios sobre las relaciones vector virus indican que se necesitan períodos largos de alimentación para adquisición del virus, hay un período de incubación relativamente largo en el insecto y se requiere alimentación de inoculación de 1,5 a 2 horas para lograr la transmisión, encontrándose mayor eficiencia de transmisión por los estados ninfales. (Magnave, 1979; Quebral, 1963 citado por Magnave y Valmayor, 1995).

Los síntomas de la enfermedad son muy definidos y cambian muy poco de una variedad a la otra. En casos avanzados las plantas infectadas muestran una apariencia de repollo, con hojas angostas, erectas, que le han dado el nombre de arrosetamiento del cogollo ('bunchy top'). También se presentan rayas verdes en la vena principal y en el pecíolo de las hojas, extendiéndose hacia abajo en el pseudotallo. Un síntoma más característico es la presencia de puntos y rayas de color verde oscuro a lo largo de las venas secundarias, que se ven mejor cuando se observan por el envés. Las plantas infectadas en estados tempranos de desarrollo se quedan enanas y no producen fruto. El virus consiste de partículas isométricas pequeñas de 18 a 20 nm, en las que se ha purificado una cadena sencilla de ADN (Thomas *et al.*, 1994).

Hasta el momento los métodos de control de la enfermedad se realizan con la erradicación de las plantas enfermas y con el uso de material de siembra libre de virus (Magnave y Valmayor, 1995).

Hay registros de la obtención de material libre de virus con el tratamiento con temperaturas altas (Ramos y Zamora, 1990; Wu y Su, 1991).

Virus del Rayado del banano (Banana streak *badnavirus*, BSV)

Es uno de los virus de reciente registro en diferentes áreas productoras en Colombia (Reichel *et al.*, 1998). El Rayado del banano es una enfermedad que se registró por primera vez en Marruecos donde es muy severa en cultivos de Cavendish enano. Posteriormente se observó en otros países en África y hoy tienen una amplia diseminación en las áreas productoras. En algunas áreas parece estar diseminándose y causan daños severos, mientras que en otras es un problema menor presentándose en unas pocas plantas de algunas variedades, sin que se presenten evidencias de diseminación aparte de su presencia en el material sembrado (Jones and Lockhart, 1993).

Los síntomas en el follaje se asemejan a los producidos por el CMV, especialmente en sus estados iniciales, sin embargo, posteriormente se desarrollan rayas necróticas, que no se presentan en el CMV. Otra característica es la periodicidad de la expresión de síntomas, pues las plantas infectadas pueden no presentar las rayas en todas las hojas, y por varios meses pueden emerger hojas sin síntomas o con síntomas muy ligeros. El virus puede reducir el tamaño y vigor de las plantas afectadas, así como el peso del racimo. El Rayado del banano es producido por un virus con ADN, con partículas baciliformes de 30 x 130-150 nm, es un miembro de los badnavirus y está relacionado con el virus Baciliforme de la caña de azúcar (Sugarcane bacilliform *badnavirus*, ScBV) (Magnave y Valmayor, 1995).

El BSV es diferente de otros virus de plantas pues su ADN se integra en el genoma de las plantas de plátano y banano (Lockhart, 1986).

El BSV es transmitido por la cochinilla de los cítricos, *Planococcus citri*, pero el principal medio de diseminación ha sido el material de siembra. Hay fuertes evidencias de ser transmitido por semilla. No es transmitido por el suelo, y es improbable que se transmita con las herramientas de trabajo (Magnave y Valmayor, 1995).

El BSV puede ser controlado con la eliminación de las plantas infectadas y la utilización para la siembra de plantas libres del virus. El BSV es lle-

vado en plantas propagadas *in vitro* pues no es eliminado con el cultivo de meristemas. Las partículas se detectan en áreas de tejido con síntomas. Para pruebas serológicas se deben utilizar partes de la hoja con síntomas definidos (Magnave y Valmayor, 1995).

Virus del Mosaico de las brácteas del banano ()

Es otro de los virus que parece ser de bastante importancia económica en las zonas de producción en la cual se ha presentado (Magnave y Valmayor, 1995). Fue reconocido por primera vez en las Filipinas en 1979 por Magnave, y más tarde registrado en la India, en Coimbatore y Bangalore, por Jones (1992).

El nombre de la enfermedad se deriva de la decoloración y rayas cloróticas muy claras que se desarrollan en las brácteas del botón masculino. Los síntomas iniciales tienen la apariencia de rayas irregulares de color verdoso a café esparcidas a lo largo de los pecíolos. A medida que la enfermedad progresa, se presenta una decoloración similar, que se hace muy definida en las brácteas de la inflorescencia masculina, el racimo y aún en los frutos. Un síntoma diagnóstico son las rayas ahusadas que se encuentran en el pseudotallo después de retirar las hojas secas que lo cubren. El Mosaico de las brácteas del banano es causado por un virus filamentos que pertenece al Grupo de los Potyvirus.

El virus es transmitido en forma no persistente por diferentes especies de pulgones, incluidos *Rhopalosiphum maidis*, *Aphis gossypii* y *Pentalonia nigronervosa* ((Magnave y Valmayor, 1995).

Las medidas de control son similares a las de otras enfermedades causadas por virus. Requiere una detección temprana y la erradicación inmediata de las plantas enfermas. En el establecimiento de nuevas siembras se debe utilizar solo material libre de virus (Magnave y Valmayor, 1995).

Otros virus

Además de los virus previamente relacionados se registra en la literatura un virus que en las primeras observaciones fue considerado como un *carlavirus*, descrito inicialmente en *Plantago lanceolata*, con partículas filamentosas, flexibles de

600 a 640 nm de largo, 13 nm de diámetro ((Magnave y Valmayor, 1995), partículas similares a las observadas en algunas de las muestras colectadas por Martínez y colaboradores (2002) y consideradas como pertenecientes a un *foveavirus*..

MATERIALES Y MÉTODOS

Se observaron en parcelas de plátano Dominico Hartón de alrededor de 6 meses de edad, en la finca Buenos Aires, vereda el Trébol, municipio de Chinchina, departamento de Caldas, plantas con síntomas similares a virus, con una alta incidencia y severidad. Para verificar la naturaleza viral del disturbio se tomaron muestras para ser analizadas mediante observaciones al microscopio electrónico, mediante tinción negativa, pruebas inmunoenzimáticas para el CMV e inoculaciones en pepino (*Cucumis sativus* L.) y se procedió a realizar una descripción detallada de los síntomas y a registrar el número de plantas afectadas, así como su distribución en la parcela afectada.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Los síntomas observados en plantas que presentaban, antes de llegar a la edad de 6-7 meses, una apariencia vigorosa y aparentemente libres de virus, se caracterizaron por rayas cloróticas paralelas a las nervaduras secundarias, en la base de las hojas que presentaron los primeros síntomas, la hoja siguiente en general desarrollo una clorosis generalizada, en ocasiones con necrosis en los sitios más afectados y con necrosis en la hoja cigarro que interfirió con su desenvolvimiento normal (Figuras 1-5).

Con la colaboración del Dr. Francisco Morales, director de la Unidad de Virología del Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, se realizaron observaciones preliminares de microscopía electrónica que confirmaron la presencia de partículas virales en las muestras colectadas. Estas partículas correspondieron inicialmente a un virus recientemente encontrado en plátano en otras áreas del país y perteneciente al género *foveavirus*. Se trata de un género sobre el cual es muy poco lo que se conoce, no se sabe de sus métodos de transmisión y menos de la importancia económica de la enfermedad que está ocasionando en plátano. Posteriormente se encontraron evidencias de la presencia del virus del Mosaico del pepino

(Cucumber mosaic *cucumovirus*, CMV), tanto en observaciones al microscopio electrónico como en pruebas inmunoenzimáticas (Martínez *et al.*, 2002). Las inoculaciones mecánicas en pepino confirmaron también la presencia de alguno o algunos de los virus del plátano y banano transmisibles mecánicamente que infectan ésta planta hospedera.

Como resultado de éste problema y debido a la alta incidencia (más del 50% de las plantas), y la severidad de los síntomas observados se procedió a su erradicación, desconociéndose el impacto económico que pueda representar en la zona en el futuro inmediato. Como ha sido tradicional cuando se presentan problemas asociados con virus en el plátano y el banano, hay confusión debido a la similitud de los síntomas producidos por CMV, BSV y BanMMV, por el enmascaramiento de síntomas y la presencia de posible presencia de mas de uno de estos virus en algunas de las plantas con síntomas.

Se corre además el riesgo de la posible presencia de otros virus no estudiados, que pueden estar presentes en las áreas en producción en otros cultivos por lo que se hace cada vez más importante la selección cuidadosa de los materiales que se van a utilizar en propagación, el monitoreo de vectores.

RECOMENDACIONES

La rápida diseminación del virus o complejo de virus en el área, con incidencias del 30 al 50%, exige que se establezcan con la mayor brevedad posible, actividades orientadas a identificar los posibles métodos de diseminación de estos agentes, las posibles plantas hospederas alternas a los mismos, la importancia económica del disturbio que se está presentando, el aislamiento de los virus, la producción de antisueros contra ellos, que permitan identificar con mayor precisión la presencia del mismo en materiales en cultivo y especialmente en propagación y se inicien actividades orientadas a la producción de plantas libres de estas enfermedades, que puedan ser usados en nuevas siembras dentro de una estrategia de manejo integrado de ellas.

Se necesita una legislación gubernamental que controle la producción y el material de siembra, así como la erradicación de material enfermo. Además

se deben adelantar actividades orientadas a:

1. Garantizar la garantía de la sanidad del material de propagación con la ayuda de programas de producción de plantas a partir del cultivo de meristemos.
2. Evaluar las terapias de calor como herramienta para producir material sano o con menores concentraciones de virus.
3. Desarrollar técnicas de indexación que estén no solo al alcance de los investigadores sino que se puedan utilizar masivamente en el campo, especialmente en los huertos de propagación de materiales.
4. Seleccionar plantas por resistencia a estas enfermedades.
5. Evaluar estrategias de control biológico por ejemplo mediante las técnicas de protección cruzada, el uso de virus satélites o de mecanismos de resistencia sistémica inducida.
6. Identificar la presencia de vectores potenciales y la implantación de estrategias para su manejo y control.

BIBLIOGRAFÍA

- BRUNT, A.; CRABTREE, K.; GIBBS, A. 1990 Viruses of tropical plants; descriptions and lists from the VIDE database. Wallingford, CAB International. 707 p.
- BRUNT, A.A.; CRABTREE, K.; DALLWITZ, M.J.; GIBBS, A.J.; WATSON, L.; ZURCHER, E.J. (eds.). 2001 Plant viruses online: descriptions and lists from the VIDE database. Version: 16th January 1997. URL <http://biology.anu.edu.au/Groups/MES/ vide/>.
- BÜCHEN-OSMOND, C. 1998 webpage.
- COOPER, J.I. 1995 Viruses and the environment. 2. ed. London, Chapman & Hall. p. 106.
- DIJKSTRA, J; DE JAGER, C.P. 1998 Practical plant virology, protocols and exercises. Wageningen, SpringerVerlag. 459 p.
- DUFFUS, J.E. 1971 Role of weeds in the incidence of virus diseases. Annual Review of Phytopathology 9: 319-340.
- ESCOBAR J., J.; MARTINEZ L., G. 1997 Descripción de los principales virus en el plátano y banano. En: G. Robayo (ed.). Banano y Plátano. Con el mejor entorno ambiental. Comunicación Interactiva y Publicidad S.A. Bogotá. p. 24-27.
- GOWEN, S. (ed.). 1995. Bananas and Plantains. Chapman and Hall. London. 612 pp.
- HUGHES, J d'A.; DAHAL, G. 2001 Musa viruses in Nigeria. IITA, Ibadan, University of Minnesota, St Paul, MN, USA.
- INIBAP Annual Report. 1993. Risks involved in the transfer of banana and plantain germplasm. Montpellier, France, pp. 39-47.
- KADO, C.I.; KNIGHT, C.A. 1970 Host specificity of plant viruses I, Cucumber virus 4. Virology 40: 977-1007.
- JONES, D.R. 1992. Mission report to India. INIBAP, Montpellier, France.

- JONES, D.R. 1993. Banana disease survey of Thailand. INIBAP, Montpellier, France.
- LOCKHART, B.E.L. 1986 Purification and serology of a bacilliform virus associated with banana streak disease. *Phytopathology* 76:995-999.
- MAGNAYE, L.V.; VALMAYOR, R.V. 1995 BBTv, CMV y otros virus afectando el banano en Asia y en el Pacífico. Bureau of Plant Industry, Davao, Philippines. INIBAP Asia and the Pacific Network. PCARRD, Los Baños, Laguna, Filipinas.
- MARTINEZ L., G.; SERNA A. L.; MANSUR M, D. 2002 Observaciones Preliminares sobre los Síntomas Asociados con un Posible Nuevo Virus en Plátano en el Departamento de Caldas. XXIII Congreso ASCOLFI, Bogotá. p.34.
- MATTHEWS, R.E.F. 1991 Plant virology. 3. ed. San Diego, Academic Press. 835 p.
- MATTHEWS, R.E.F. 1992 Fundamentals of plant virology. San Diego, Academic Press. 403 p.
- RAMOS, C.S.; ZAMORA, A.B.. 1990. Elimination of banana bunchy top infection from banana (c.v. Lakatan) by heat treatment and meristem culture. *Phil. Jour. of Crop Sci.* 15: 119-123.
- REICHEL, H.; de la ROTTA, M.C.; GUTIERREZ, T.; BELALCAZAR, S.; ARÉVALO, E. 1997. Pruebas serológicas dan reacción positiva para badnavirus en plantas de café (*Coffea* sp.). Bogotá, CORPOICA, 6 p.
- STOVER, R.H. 1972. Banana, Plantain and Abaca Diseases. Commonwealth Mycological Institute, Kew, United Kingdom. 316 pp.
- THOMAS, J.E.; ISKRA-CARUANA, M.L.; JONES, D.R. 1994. Banana bunchy top disease. Musa Disease Fact Sheet No. 4. INIBAP, Montpellier, France.
- WARDLAW, C.W. 1961. Banana Diseases. London: Longmans, Green and Co. Ltd. 648 pp.
- WU, R.Y.; SU, H.J. 1991. Regeneration of healthy banana plantlets from banana bunchy top virus infected tissues cultured at high temperatures. *Plant Path.* 40: 4-7.



Figura 1



Figura 2



Figura 3

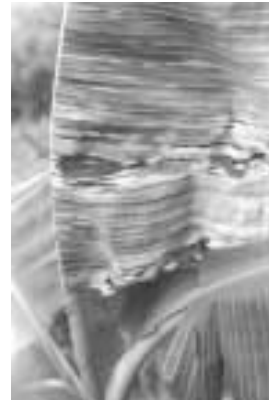


Figura 4

LEYENDA DE LAS FIGURAS

Figura 1 . Los síntomas iniciales se presentan en las áreas más jóvenes de las hojas (su base) en la forma de rayas cloróticas paralelas a las nervaduras secundarias.

Figura 2 . Los síntomas se desarrollan rápidamente y una hoja después de la primera que desarrolla los primeros síntomas hay necrosis y dificultades para el desenvolvimiento normal de la hoja cigarro.

Figura 3 . Clorosis generalizada en la hoja siguiente a la que presenta los primeros síntomas. Hay inicio del proceso de necrosis en las áreas más afectadas.

Figura 4 . Clorosis y necrosis de tejido asociadas con la presencia de virus.

Figura 5 . Aspecto de una planta enferma. Se observa cómo después de presentarse un follaje muy vigoroso y sin problema de clorosis se pasa a la presencia de rayas cloróticas en la base de la primera hoja con síntomas, clorosis generalizada en la hoja que le sigue y necrosis y dificultad para el desarrollo de la hoja cigarro que le sigue.



Figura 5

Dinámica poblacional de fitonemátodos en los dos primeros ciclos de producción de plátano (*MUSA AAB*), con dos clases de semilla asexual

Populational dynamics of phytonematods in the firsts two production cycles of (*MUSA AAB*), cultivated fields with two class of asexual seed

C. Castrillón, M. Castrillón y L. A. Pineda

RESUMEN

Siembras de plátano en campo con cormos de 1.5 kg (tradicional) fueron estadísticamente ($\alpha \leq 0.05$) más atacados en forma natural por nemátodos (número de individuos por 100 gs de muestras) que cormos de 300 gs en bolsa durante 2 meses (inducido), en los dos primeros ciclos de producción, presentándose mayor susceptibilidad a cosecha que a belloteo, con poblaciones de 8750, 7429 y 5679, 4458 para primero y segundo ciclo, respectivamente. Predominaron las especies de *Meloidogyne* sp. y *Helicotylenchus* sp. con el 65% de su población en las raíces para el primer ciclo; para el segundo ciclo además, se encontró *Radopholus similis* y la población total de nemátodos en raíces aumentó a 75%, se presentó diferencia significativa en los parámetros de rendimiento con reducción para el segundo ciclo por racimo de 3.33 kg, 1 mano, 12.66 dedos y 113.7 g, 1.42 cms de longitud y 0.25 cm de diámetro del dedo central de la segunda mano.

Palabras claves: **Plátano, nemátodos, semillas, producción.**

ABSTRACT

Plantain sowings in field with cormos of 1.5 Kgs (traditional) were statistically ($\alpha=0.05$) more attacks in natural form by nematodes (number of individuals by 100 sample gs) than cormos of 300 gs in bag during two induced months, during the first two production cycles, being presented greater susceptibility to crop instead of the blossom with populations of 8750, 7.429 and 5679, 4458 for first cluster and second cycle, respectively. It prevailed the species of *Meloidogyne* sp., *Helicotylenchus* sp., with 65% of its population in the roots for the first cycle; for the second cycle appeared *Radopholus similis* and the total population in roots was of 75%, and it was presented significative difference in the yield parameters by cluster in 3.33 Kilograms, one hand, 12.66 fingers and 113.7 gs, 1.42 length cms and 0.25 diameter cms of the central finger of the second hand.

Words keys: Plantain, nematodes, seeds, yield

I

INTRODUCCIÓN

En Colombia, el plátano es alimento básico y ocupa el tercer lugar después de la papa y la leche (Grisales y Lescot, 1.999). En extensión ocupa un área de 400.000 ha y el volumen de producción anual se estima en 300.000 t, de las cuales 762.000 son producidas en la zona cafetera del país. Las variedades de mayor importancia por su amplia demanda y adaptación son: "El Hartón", "Dominico Hartón" y "el Dominico *Musa AAB*

(Arcila *et al.*, 1.999).

El consumo promedio de plátano es de 50 kg percapita/año en la zona urbana y 105 kg en la zona rural, los más altos del mundo (Grisales y Lescot, 1.999); a pesar de esta importancia, su explotación presenta una serie de problemas de técnicas de producción como es el uso de semilla asexual infestada que junto con la presencia de plagas y enfermedades influyen, no sólo en la calidad y rendimiento (Belalcázar *et al.*, 1.991), sino también en la vida útil de las plantaciones (Castrillón *et al.*, 1.999).

* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA. A.A. 1287. Manizales-Caldas, Colombia. Tel: (576) 8876197; Fax (576) 876204. E.mail: nitas@hotmail.com.co

llón, 2.000).

En Colombia, los estudios sobre fitonemátodos en plátano y banano están relacionados con el reconocimiento de especies (Belalcázar, *et al.*, 1.991) y evaluación de poblaciones (Estrada, *et al.*, 1.989) en las áreas de mayor producción (Gómez, 1.983), pero no se ha evaluado las pérdidas económicas en peso y calidad del racimo, razón por la cual no se ha reconocido su importancia por parte de investigadores y productores.

El objetivo de esta investigación fue evaluar la población de fitonemátodos al momento de floración y cosecha en los primeros dos ciclos de producción de plátano “Dominico hartón” *Musa* AAB sembrados con semilla convencional (cormos de 1.5 kg de peso) y “Semilla inducida” (cormos de 300 g en bolsa durante 2 meses).

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó en La Granja Luker, ubicada en el municipio de Palestina, Caldas, Colombia, a 1.020 m.s.n.m., con 23.5°C, 77% de humedad relativa y 2085 mm de precipitación anual. El cultivo de plátano se estableció en un lote de más de 15 años con siembras continuas de cacao (*Theobroma cacao* L.), para ello se utilizó “semilla convencional” (cormo de 1.5 kg de peso) y semilla obtenida por la técnica de “Rebrote inducido” (Aranzazu, *et al.*, 2.001) (cormos de 300 g de peso, sembrados en bolsa durante 2 meses), con una densidad de 2222 plantas/ha (3 x 1.5 m). Se realizaron todas las prácticas del cultivo, control de picudo negro (*Cosmopolites sordidus* Germar) con trampas tipo “Disco de cepa” y de sigatokas con deshoje fitosanitario. La toma de muestras de suelos y raíces se hizo utilizando la metodología de Castrillón *et al.*, 2.000, a 30 cms del seudotallo y 30 cms de profundidad, empleando para ello un palín de 20 cm de ancho y 30 cm de largo. Se retiraron todas las raíces del cubo de muestra y se depositaron en bolsas negras de polietileno previamente marcadas por tratamiento con 500 g de suelo, se trasladaron en neveras de icopor portátiles al Laboratorio de Investigación Agrícola de Corpoica, en Manizales.

La extracción de nemátodos del suelo se hizo por el método de centrifugación y flotación en azúcar, estandarizado para el cultivo de plátano por (Castrillón *et al.*, 2000), así: 10 g de suelo

homogenizado en 100 ml de agua destilada, se agito por un minuto, se dejó reposar 30 segundos, se filtró en una columna de tamices con mallas de 250, 53 y 45m, ubicados en esta secuencia, se recolectó la muestra de los tamices de 53 y 45m en tubos Pyrex de 10 ml/tamiz; se centrifugaron por 5 minutos a 3.800 r.p.m.; se eliminó el sobrenadante, se echó una solución azucarada 2:1 (agua:azúcar), se centrifugó nuevamente por 5 minutos a 3.800 r.p.m. Estas muestras se depositaron en el tamiz de 45m para eliminar el exceso de azúcar con agua corriente y evitar el deterioro físico del nemátodo; se recolectó la muestra y se depositó en 10 ml de agua destilada para el conteo de individuos patógenos, y la identificación se hizo de acuerdo con las claves taxonómicas (Mai y Lyon, 1975; Taylor, 1968).

Para la extracción de nemátodos de las raíces se pesaron 10 g, se lavaron con agua corriente y se echaron en 100 ml de agua destilada. Se licuó en la revolución más baja por 10 segundos, 3 veces y cada vez se dejó reposar 10 segundos. Al igual que para el suelo, se hizo el filtrado en la columna de tamices números 250, 53 y 45m. Se recolectó la muestra de los tamices de 53 y 45m en un tubo Pyrex de 10 ml de agua destilada por tamiz. Las muestras se centrifugaron a 3.500 r.p.m durante 4 minutos, se eliminó el sobrenadante, se completó el volumen con agua azucarada (2:1) (agua:azúcar) y se centrifugó de nuevo por cuatro minutos a 3.500 r.p.m. La muestra se depositó en el tamiz de 45m, se lavó con agua corriente para eliminar el exceso de azúcar y se recolectaron los nemátodos en 10 ml de agua destilada, para su identificación. A cada muestra se le realizaron dos submuestras y se hizo conteo en los 8 campos de la caja de lectura en el estereoscopio. Posteriormente se hizo la identificación.

El diseño estadístico utilizado en esta investigación fue Bloques completos al azar con dos tratamientos, “semilla convencional” y “semilla inducida”, 6 repeticiones y dos épocas de muestreo a la aparición de la bellota y cosecha. Las variedades de respuesta fueron: número de nemátodos por cada género y producción en términos de peso del racimo con 30 cm de raquis, número de manos, número de dedos, longitud, diámetro y peso del dedo central de la segunda mano.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Población de nemátodos fitoparásitos: La población de nemátodos presentó diferencias significativas ($\alpha \leq 0.01$) entre tratamientos para los dos ciclos de producción con 9.744 individuos/100g de muestra (raíz y suelo) para el cultivo sembrado con “semilla convencional” (cormo de 1.5 kg de peso) y 6.435 para el cultivo de “semilla inducida” respectivamente para el primer ciclo de producción; la misma tendencia se presentó en el segundo ciclo de producción con 5.321 nemátodos/100g de muestra para la “semilla convencional” y 4.815 nemátodos para la “semilla inducida”, sin presentarse diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 1).

Estos resultados corroboran que el principal medio de diseminación de nemátodos es la semilla y específicamente la convencional (cormo de 1.5 kg de peso), que se extrae de plantaciones con varios ciclos de cosecha, sin ningún manejo para nemátodos (Grisales y Lescot, 1.999; Castrillón *et al.*, 2000), agravado por la siembra sin ningún tratamiento para prevenir o controlar los mismos (Grisales y Lescot, 1999). La “semilla inducida” presentó menor cantidad de nemátodos con relación a la “semilla convencional”, por el corto tiempo (1 mes) que éste está adherido a la planta madre, escapando al ataque del nemátodo y evitan-

do que éstos lleguen al cormo; adicionalmente al momento de sembrarse en la bolsa se eliminan las raíces, lo que permite evaluar la sanidad del cormo (Arcila *et al.*, 2001).

La edad del cultivo presentó un efecto sobre la población de nemátodos. En el primer ciclo de producción la población de nemátodos al momento de cosecha fue mayor (8750 nemátodos/100g de muestra) que al momento de aparición de la bellota (7429), no se presentaron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre estas dos épocas. Para el segundo ciclo de producción se presentó una situación similar (Tabla 2).

Estos resultados indican que en la época de aparición de la bellota las raíces son menos atacadas por los nemátodos debido a su estado de desarrollo y función en términos de absorción de nutrimentos para la planta. En la época de cosecha las raíces pierden funcionalidad, se debilitan y se hacen más susceptibles al ataque de los nemátodos (Gómez, 1983; Castrillón *et al.*, 2000). La población de nemátodos durante los dos ciclos de producción fue mayor en raíces que en suelo, presentándose diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) (Tabla 3).

La mayor población de nemátodos en la raíz se debe a que allí es más rápida su reproducción al encontrar abundante alimento y a la atracción que

Tabla 1. Población de nemátodos fitoparásitos en los dos primeros ciclos de cosecha de plátano *Musa AAB*, con dos clases de semilla asexual

Clase de semilla	Población de nemátodos*	
	Primer ciclo de cosecha	Segundo ciclo de cosecha
Convencional	9.744 A	5.321 A
Inducida	6.435 B	4.815 A

* En 100gs de muestra de suelo y 100gs de raíces
Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) (Tuckey)

Tabla 2. Población de nemátodos en dos épocas de desarrollo del cultivo de plátano

Época de desarrollo del cultivo de plátano	Población de nemátodos*	
	Primer ciclo de cosecha	Segundo ciclo de cosecha
Aparición de la bellota	7.429 A	4.458 A
Cosecha	8.750 B	5.679 A

“Dominico hartón” *Musa AAB*, durante los dos primeros ciclos de producción
*En 100g de muestra de suelo y 100g de raíces
Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) Tuckey

Tabla 3. Población de nemátodos en raíz y suelo en los dos primeros ciclos de producción de plátano "Dominico Hartón" (<i>Musa AAB</i>)		
Clase de sust r a t o	Población de nemátodos*	
	Primer ciclo de cosecha	Segundo ciclo de cosecha
Raíz	10.411 A	7.589 A
Suelo	5.768 B	2.548 B
*100g de muestra de suelo y 100g de raíz Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$)		

tienen por las sustancias liberadas por las raíces del hospedero (Agrios, 1991). Estos resultados concuerdan con los obtenidos en estudios anteriores de Castrillón *et al.*, 2000 y Nath *et al.*, 2000. La población de nemátodos del primer ciclo fue mayor que en segundo ciclo, 8.089 y 5068 respectivamente, presentándose diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$).

Con relación a los géneros de nemátodos, en el primer ciclo de producción no se presentó *Radopholus similis* y para el segundo a población fue de 6.062, tanto con "semilla convencional" como con "semilla inducida". Los géneros *Tylenchus* sp. y *Rotylenchus* sp. que se presentaron en el primer ciclo de producción, no se presentaron en el segundo. Entre géneros y entre ciclos de producción hubo diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) (Tabla 4).

Los géneros de mayor incidencia en los dos ciclos de producción fueron *Meloidogyne* spp, *Helicotylenchus* sp. y para el segundo, además de los anteriores apareció *Radopholus similis*. De

éstos, *Radopholus similis* es considerado el más patógeno en plátano y banano en todo el mundo (Hemeng, 1991; Bridge *et al.*, 1991, 1996; Jiménez *et al.*, 1999; Chau *et al.*, 1991 y Fogain, 1994); en la plantación en estudio, este nemátodo se presentó para el segundo ciclo de producción, lo que indica que está colonizando el suelo y las raíces de las plantas, y amerita medidas de prevención y control para evitar su diseminación; su introducción bien pudo realizarse a través de "semilla infestada" y herramientas de los obreros.

Efecto de los nemátodos sobre la producción:

Los promedios de todos los parámetros de producción (Tabla 5), se redujeron para el segundo ciclo de cosecha y estos no dependieron tanto de la población total de nemátodos, sino entre otros factores, de la población por especies más patógenas como *Radopholus similis* y *Helicotylenchus* sp.

Para todas las variables hubo más reducción en las plantas sembradas con "semilla convencional" que con "semilla inducida", presentándose diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) para número de dedos

Tabla 4. Géneros de nemátodos en los dos primeros ciclos de cosecha de plátano "Dominico Hartón" (<i>Musa AAB</i>). Granja Luker		
Géneros de nemátodos fitopatógenos	Nemátodos en 100g de muestra*	
	Primer ciclo de producción	Segundo ciclo de producción
<i>Meloidogyne</i> spp.	29.125 A	6.708 B
<i>Helicotylenchus</i> sp.	20.146 B	17.375 A
<i>Radopholus similis</i>	1.000 C	6.062 B C
<i>Pratylenchus</i> sp.	1.375 C	1.187 C
<i>Hoplaimus</i> sp.	1.542 C	2.146 B C
<i>Tylenchus</i> sp.	2.313 C	1.000 C
<i>Rotylenchus</i> sp.	1.125 C	1.000 C
"Dominico Hartón" (<i>Musa AAB</i>). Granja Luker *Datos originales transformados a $\sqrt{x} + 1$ en 100g de suelo y 100g de raíces Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$). Tuckey.		

Tabla 5. Producción de los dos primeros ciclos de cosecha de plátano “Dominico hartón” (*Musa AAB*), con dos clases de semilla asexual y afectado por nemátodos. Granja Luker

Variable	Primer ciclo de cosecha			Segundo ciclo de cosecha		
	Promedio	S. convenc.	S. inducida	Promedio	S. convenc.	S. inducida
Peso racimo (kgs)	19.16A	16.83 A	21.50 A	15.83 B	14.00 B	17.66 A
No. de manos	616A	550 A	688 A	516 B	500 A	533 A
No. de dedos	41.91A	30.83 B	53.0 A	29.25 B	20.83 B	37.66 A
Peso dedo (g)*	343.70 A	294.17 A	393.33 A	230.0 B	220.00 A	240.00 A
Longitud del dedo (cm)*	28.75 A	27.66 B	29.88 A	27.33 B	26.00 B	28.66 A
Diámetro del dedo (cm)*	4.50 A	4.16 A	4.88 A	4.25 A	4.16 A	4.33 A

*Dedo central a la segunda mano

Medias con la misma letra no presentaron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) Tuckey.

y longitud del mismo en el primer ciclo de cosecha y del peso del racimo, número de dedos y longitud del dedo en el segundo ciclo de cosecha.

CONCLUSIONES

El principal medio de diseminación de nemátodos fitoparásitos en plátano “Dominico hartón” *Musa AAB* es el uso de “semilla convencional” (cormos ≥ 1.5 kgs de peso). La población de nemátodos con el uso de esta semilla fue mayor en comparación con el uso de “Rebrote inducido” (cormos de 300 gs y 2 meses en bolsa); *Radopholus similis* se incrementó del primero al segundo ciclo (6062) nemátodos/100g, concentrándose el 75% en las raíces a la época de cosecha.

La reducción de 3.33 kg de peso en los racimos de una mano, 12.66 dedos; 113.7 g de peso, 1.42 cm de longitud y 0.25 cm de diámetro del dedo central de la segunda mano, para la segunda cosecha, debido entre otros factores, a la presencia de 6.062 nemátodos de *Radopholus similis* más que a 6.708 de *Meloidogyne* spp. y 17.375 de *Helicotylenchus* sp. por 100 g de raíz y 100 g de suelo. Estos parámetros permitirán establecer umbrales de daño económico para tomar medidas de manejo dentro de un Plan de Manejo Integrado.

RECOMENDACIÓN

Crear conciencia entre los investigadores y productores sobre la importancia económica de los nemátodos en el cultivo de plátano y banano en Colombia. Sembrar semilla sana y hacer muestreos periódicos al colino de reemplazo en la época de aparición de la bellota de la planta madre. Implementar el control microbiológico de nemátodos

como una alternativa dentro de un Plan de Manejo Integrado que ayude a la conservación del medio ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria “Corpoica”; a La Casa Luker; a la Doctora María José Botero Ospina; a los Auxiliares de Técnico, Carlos Fernando Urrea J. y Luis Eduardo Zuluaga A., y a la secretaria María Diva Elsa Ramírez C., del Grupo de Investigación Agrícola de la Regional 9 de Corpoica, por su apoyo y colaboración en la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- AGRIOS, G. 1991. Fitopatología. Primera edición. Editorial Limusa. p 737.
- ARCILA P, M. I; ARANZAZU H, L. F; CASTRILLÓN A, C; VALENCIA M, J. A; BOLAÑOS B, M. M; CASTELLANOS C, P. A. 1999. El cultivo del plátano. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Comité de Cafeteros del Quindío. 35 p.
- BELALCÁZAR C, S. L. 1991. El cultivo del plátano (*Musa AAB* Simmonds) en el trópico. Ministerio de Agricultura, Instituto Colombiano Agropecuario, INIBAP, Comité de Cafeteros del Quindío, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. 375 p.
- BRIDGE, J; GOWEN, S. R. 1991. Visual assesment of plant parasitic nematodes and weevil damage on bananas and plantain. En: Biological and integrated control of highland banana and plantain pest and diseases. International Institute of Tropical Agriculture. p 147-153.
- BRIDGE, J. 1991. Worldwide distribution of the major nematodes parasites of bananas and plantains. En: Biological and integrated control of highland banana and plantain pests and diseases. International Institute of Tropical Agriculture. p 185-191.
- BRIDGE, J; PRICE, N. S; KOFI, P. 1996. Plant parasitic nematodes of plantain and other crops in Cameroon, West

- Africa. Musarama. Vol 9, No 3. p 25.
- CASTRILLÓN A, C; CASTRILLÓN J, M. M. 2000. Reconocimiento de nemátodos parásitos del cultivo del plátano (*Musa* AAB Simmonds) clon Dominico hartón, en la granja LUKER (Palestina). Estudio de Caso, Práctica Institucional, Programa de Agronomía, Universidad de Caldas. p. 25.
- CHAU, N. N; THANH, N. V; WAELE, D. DE; GERAERT, E. 1991. Plant parasitic nematodes associated with banana in Vietnam. Musarama. Vol 12, No 1. p 63.
- ESTRADA R, R; CASTELLANOS C, E; CASTRILLÓN A, C; HERRERA M, J. G; ARIAS M, J. A; SUÁREZ P, O; CANO P, G. 1989. Análisis de la situación fitosanitaria del cultivo del plátano (*Musa* AAB Simmonds) en la zona cafetera central. Instituto Colombiano Agropecuario, Creced Caldas, Fondo DRI. Manizales. p 28-33.
- FOGAIN, R. 1994. Plagas de bananos y plátanos en Camerún. Infomusa. Vol 3, No 1. p 19.
- GÓMEZ T, J. 1983. Nemátodos fitoparásitos y su importancia económica en plantas de plátano en Colombia. Memorias Primer Seminario Internacional sobre Plátano. Manizales. p 80-96.
- GÓMEZ Q, R. 1983. Situación fitosanitaria del plátano en Colombia. Memorias Primer Seminario Internacional sobre Plátano. Manizales. p 22-23.
- GRISALES, L. F; LESCOT, T. 1999. Encuesta diagnóstico multifactorial sobre plátano en la zona cafetera central de Colombia. CENICAFE. p 1-2.
- HEMENG, O. B. 1991. Studies on parasitic nematodes associated with plantain. En: Biological and integrated control of highland banana and plantain pests and diseases. International Institute of Tropical Agriculture. p 252-259.
- JIMÉNEZ F, M. I; TRIVIÑO, C; VELASCO, L. 1999. Influencia de la temperatura y la precipitación en la fluctuación poblacional de *Radopholus similis* en las zonas oriental y central del Ecuador. Musarama. Vol 12, No 1. p 62.
- MAI, W. F; LYON, H. H. 1975. Pictorial key to genera of plant parasitic nematodes. Comstock publishing associates. 4ª edición. 219 p.
- NATH, R. C; MUKHERJEE, B; DASGUPTA, M. K. 2000. Population Behavior of *Helicotylenchus multicinctus* in soil and roots of banana in Tripura, India. Musarama. Vol 13, No 1. p 71.
- TAYLOR, A. L. 1968. Introducción a la nematología vegetal aplicada. Guía de la FAO para el estudio y combate de los nemátodos parásitos de las plantas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 135 p.

Manejo integrado de nemátodos parásitos del plátano, con énfasis en microbiológicos

Integrated management of parasitic nematodes of the plantain with emphasis on microbiologic control

***C. Castrillón**; *M. J. Botero**; *C. F. Urrea**; *J. E. Cardona**;
*L. E. Zuluaga**; *H. Morales**; *G. Alzate****

RESUMEN

Control de nemátodos fitoparásitos en cultivos de plátano “Dominico hartón” *Musa* AAB con prácticas culturales y aplicación de *Paecilomyces lilacinus* (Biostat), dirigida al suelo alrededor de la planta hasta 60 cms de distancia del pseudotallo y sobre éste, hasta 30 cm de la superficie de suelo; mostraron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) en la reducción de la población de *Helicotylenchus* sp., *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* sp. y *Radopholus similis*, se aumentó la microflora del suelo (hongos, bacterias y nemátodos saprófitos) y el peso del racimo en 5.5 kg, con una calidad uniforme en el peso de los dedos (450 g), considerada de primera para el mercado en Colombia.

Palabras claves: Nemátodos, *Radopholus similis*, *Paecilomyces lilacinus*, control integrado, producción

ABSTRACT

Control of parasitic nematodes of the Plantain crop “Dominico hartón” *Musa* AAB was made. With cultural practices and direct applications to the soil around the plant, until 60 cms of distance of pseudostem and above 30 cms of the surface of the soil, showed significant differences ($\alpha \leq 0.05$) in the reduction of populations of *Helicotylenchus* sp., *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* sp. and *Radopholus similis* species, moreover increased the soil of microflora (fungus, bacteria and saprofitics nematodes) and the bunch weight in 5.5 kg with uniform quality in the weight of the fingers (450 g) considered of first class for marketing in Colombia.

Words keys: Nematodes, *P. lilacinus*, integrated, control, growth

I

INTRODUCCIÓN

A pesar de la importancia económica del cultivo del plátano en Colombia (Aranzazu *et al.*, 2000), su explotación presenta entre otros problemas el uso de semilla asexual (cormos) infestadas que junto con la presencia de plagas, especialmente Picudo negro *Cosmopolites sordidus* Germar y nemátodos influyen no sólo los rendimientos sino en la vida útil de las plantaciones (Castrillón, 1985, 1987, 1988, 1989, 2000). De estos dos problemas, el menos investigado es nemátodos fitoparásitos y éstas están relacionadas con reconocimiento de especies (Belalcázar *et al.*, 1991), evaluación de poblaciones (Estrada *et al.*, 1989; Gómez, 1983),

y aún no se ha determinado su importancia económica por falta de conocimiento de los investigadores y productores sobre su presencia y daño en los cultivos. Picudo negro y nemátodos de la raíz son los más limitantes en la producción de plátano y banano a nivel mundial (Gold *et al.*, 1998; Fogain, 1994; Chau *et al.*, 1991). Esta investigación se desarrollo con el objetivo de evaluar la eficacia de Biostat (*Paecilomyces lilacinus*) para el control de nemátodos dentro de un Plan de Manejo Integrado, en términos de población de nemátodos parásitos, microflora (hongos, bacterias y nemátodos saprófitos), estado de sanidad, peso de las raíces y producción.

* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA. A.A. 1287. Manizales-Caldas, Colombia. Tel: (576) 8876197; Fax (576) 876204. E.mail: nitas@hotmail.com.co *LAVERLAM S.A. Fax: 4474409. Cra. 5 No. 47-165. Cali, Valle, Colombia

MATERIALES Y MÉTODOS

Toma de muestras: Las cuatro épocas y sitios de muestreo de nemátodos en la unidad de producción (madre y colino de retorno) fueron: La primera al momento de aparición de bellota; segunda (30 días después de la primera) entre la planta madre y el colino de retorno a cada lado en sentido opuesto; tercera (a los 60 días después de la primera) al frente del colino de retorno y cuarta, a los 90 días después de la primera en el mismo sitio. En forma simultánea se hizo el análisis de la microflora del suelo. La aplicación del producto biológico se realizó con bomba de espalda, en diluciones de 250 g de Biostat en 200 litros de agua. Los tratamientos para MIP de nemátodos fueron: 1. Testigo absoluto (Manejo del agricultor); 2. Labores culturales y aplicación de 2 kg de materia orgánica (gallinaza) por planta; 3. el anterior y aplicación de Biostat (140 cc de la dilución) alrededor de la planta y en los primeros 30 cm delseudotallo a la aparición de la bellota, 30, 60 y 90 días después; 4. El tercer tratamiento complementado con aplicación de 140 cc de la dilución de Bauveril. Las variables de respuesta fueron: Población de nemátodos parásitos y saprófitos en 100 g de raíz y 100 g de suelo, peso fresco de raíces; sanas, con menos de 20%, 40% y más de 40% de daño; población de microflora por gramo de suelo; desarrollo de la planta y producción. Las variables de desarrollo fueron; altura final de la planta, diámetro delseudotallo a 1 m de altura del nivel del suelo, número de hojas funcionales al momento de aparición de la bellota, y a cosecha, tiempo de aparición de bellota y tiempo a cosecha. Las variables de producción por racimo con 30 cm de raquis fueron; peso total, número total de manos y dedos; peso, perímetro y largo del dedo central de la segunda mano. Las muestras de raíz y suelo para extracción de nemátodos se tomaron en un cuadrado de 30 cm de lado, 30 cms delseudotallo y a 30 cms de profundidad del nivel del suelo; la totalidad de las raíces y 500 g de suelo se echaron en una bolsa de polietileno, previamente identificada.

Procesamiento de muestras para nemátodos: Se evaluó el daño en las raíces, éstas se lavaron con agua corriente, se clasificaron por su apariencia externa y daño interno, previo corte longitudinal de las mismas separadas en cuatro grupos (sanas, daño menor de 20%, menor de 40% y mayor de 40%) y se pesó cada grupo. La extracción de ne-

mátodos se realizó por el método de centrifugación y flotación en azúcar modificado para raíces de plátano por (Castrillón *et al.*, 2000); la identificación se hizo de acuerdo con las claves taxonómicas de (Mai y Lyon, 1975 y Taylor, 1968).

Para el análisis de la microflora se tomaron 10 g de suelo previamente homogenizado, se disolvieron en 90 ml de agua destilada estéril, utilizando esta suspensión como solución madre para hacer diluciones seriadas en base 10 hasta 10^{-10} , de la cual se tomó la dilución de 10^{-5} , para sembrar por agotamiento con dos repeticiones en agar nutritivo para recuento de colonias de bacterias y en P.D.A. (Agar Dextrosa Papa) con ácido láctico al 0.2% para recuento de colonias de hongos. Se incubaron las cajas a 22°C durante 48 horas para recuento de bacterias y durante 10 días para hongos (Barron, 1968). La identificación de géneros de bacterias se hizo según la clave taxonómica de Schaad, 1988 y la de hongos con las claves taxonómicas según Barnett, 1960; Barron, 1968. Adicionalmente se hizo procesamiento de raíces para aislar hongos y bacterias patógenos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Población de nemátodos fitoparásitos: *Helicotylenchus* sp. y *Meloidogyne* spp. se presentaron en todas las evaluaciones, tanto en raíces como en suelo. *Radopholus similis* no se presentó en la planta madre y colino de retorno donde se aplicó *P. lilacinus* (Tabla 1). Estos tres géneros de nemátodos son considerados a nivel mundial de mayor importancia económica en los cultivos de plátano y banano (Hemeng, 1991; Bridge, 1991; Jiménez *et al.*, 1999; Chau *et al.*, 1991 y Fogain, 1994). En cultivos de plátano de la zona cafetera han sido reportados estos géneros (Grisales y Lescot, 1999; Castrillón *et al.*, 2000). Ataque simultáneo de poblaciones de *Meloidogyne* spp., *Helicotylenchus* sp. y *Radopholus similis* superiores a 15.000 y 6.000 nemátodos/100 de raíz para los dos primeros y *R. similis* respectivamente, redujeron el peso del racimo 3.33 kg, 1 mano; 12.66 dedos; 133.7 gs de peso, 1.42 cm de longitud y 0.25 cm de perímetro del dedo central de la segunda mano (Castrillón *et al.*, 2000).

El peso total de raíces (Tabla 1) presentó un incremento 20% más en las plantas que recibieron *P. lilacinus* y 30% cuando esta aplicación fue complementada con *B. bassiana*; el peso de raíces

Tabla 1. Efecto de *Paecilomyces lilacinus* y *Beauveria bassiana* sobre calidad de raíces y población de nemátodos parásitos y saprófitos en plátano “Dominico hartón” Musa AAB

Tratamiento	Peso raíces* (g)					Géneros de nemátodos *								Saprófitos		Total
	P1	P2	P3	P4	P.Tta	H.R.	H.S.	M.R.	M.S.	R.R	R.S	P.R.	P.S.	S.Ra	S.S	
Testigo	4	23	24	38	88.6	413.7	78.88	571.4	94.73	40	0	0	0	51.23	29.25	
Labores culturales y Materia orgánica	4	20	23	39	85.4	333.5	56.75	233.8	36.5	682	0	11.8	0	57	21.25	
Biostat	4	20	23	58	104	697.8	86.35	677.5	26.8	0	0	0	0	49.95	19.75	
Biostat/Bauveril	9	25	27	66	126	773.5	83	457.8	40.5	0	0	0	0	58	31.5	

* En 100 g de raíces y 100 g de suelo

** Promedio de 4 evaluaciones 10 plantas/evaluación

P₁: (0 % daño) H: *Helicotylenchus* sp.

P₂: (1 - 20% daño) M: *Meloidogyne* sp.

P₃: (21 - 40% daño) R: *Radopholus similis*

P₄: (> 40% daño) P: *Pratylenchus* sp.

Ra: Raíz

S: Suelo

sanas cuando se aplicó los dos biológicos aumentó 7.3%, y en los demás tratamientos este fue de 3.5% - 4%. La población de microflora hongos, bacterias y nemátodos saprófitos (Tabla 2), fue inconsistente a través de las evaluaciones; sin embargo, después de cuatro aplicaciones la mayor población de hongos (84.5×10^8 U.F.C/G suelo) fue 70% mayor en las plantas con los dos microbiológicos. El género predominante fue *Beauveria* (50×10^4 U.F.C), seguido de *Paecilomyces* (12.6×10^7). Igual comportamiento se observó en la microflora bacteriana con 64% más de U.F.C, con aplicación de *P. lilacinus* y *B. bassiana* que con materia orgánica o *P. lilacinus*. Colonias de *Erwinia*, donde se encuentra *E. crysanthemii* p.v. paradisiaca considerada patógena en plátano (Aranzazu *et al.*, 2001) no se encontró en esta investigación. La población de nemátodos saprófitos por 100g de muestra (Tabla 1) fue mayor 89.50×10^8 cuando se aplicaron los dos productos biológicos; en los otros tres tratamientos las poblaciones fueron muy similares 24.0×10^8 .

Los parámetros de desarrollo de las plantas (Tabla 3), no presentaron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre los tratamientos; sin embargo, el incremento en el peso del racimo fue de 5.54 y 4.58 kgs, en los tratamientos con los dos microbiológicos y *Paecilomyces* respectivamente; el tamaño del dedo central de la segunda mano fue similar en todos los

tratamientos, pero el número total de dedos por racimo presentó diferencias significativas entre tratamientos, al aumentarse el número de manos en 1.6 para el testigo y 1.4 para las plantas con aplicación de los 2 microbiológicos; sin embargo, en este último tratamiento se obtuvo mayor peso por dedo de 33g más con relación al testigo; estos resultados indican que, con un peso del racimo de 22.05 kgs para 47.4 dedos el llenado de los mismos fue uniforme en este último tratamiento.

CONCLUSIONES

El producto biológico *Paecilomyces lilacinus* (Biostat), mostró ser eficaz en el control de nemátodos fitoparásitos del plátano Musa AAB, al reducir las poblaciones de *Helicotylenchus* sp., *Meloidogyne* spp. y *Radopholus similis* y aumentar la microflora del suelo (hongos, bacterias y nemátodos saprófitos). La aplicación de este producto complementada con *Beauveria bassiana* (Bauveril), entomopatógeno de picudo negro *Cosmopolites sordidus*, mejoró su nivel de respuesta en términos de mayor reducción de poblaciones de especies de nemátodos parásitos y mayor incremento en la microflora del suelo, lo que permitió obtener mayor peso del racimo y un llenado uniforme de los dedos del mismo, con promedio en peso de 450g, para un peso total del racimo de 22.05 kg.

Tabla 2. Efecto de *Beauveria bassiana* y *Paecilomyces lilacinus* aplicados al suelo para el control nemátodos fitopatógenos en plátano *Musa AAB* sobre la microflora del suelo

Tratamientos	Unidades formadoras de colonias (U.F.C./g de suelo)														
	Hongos										Bacterias				
	C	F	Mu	Al	N	Lev	Pae	B	R	X	Ps	Ba	Mc	Otras	X
Testigo	13.3 x10 ⁷	2.5 x10 ⁴	25.7 x10 ⁶	0	28.8 x10 ⁷	12.5 x10 ⁵	0	0	0	44 x10 ⁸	28 x10 ⁴	77.2 x10 ⁵	0	79.3 x10 ⁶	31.3 x10 ⁶
Labores culturales y Materia orgánica	18.8 x10 ⁷	16.25x10 ⁶	25.5 x10 ⁶	0	75 x10 ⁴	88.2 x10 ⁶	0	25 x10 ⁴	15 x10 ⁵	29.3 x10 ⁸	41.7 x10 ⁷	97.8 x10 ⁶	1 x10 ⁶	41.25 x10 ⁶	11.14 x10 ⁷
Biostat	24.3 x10 ⁷	30.7 x10 ⁶	1 x10 ⁶	25.3 x10 ⁶	23.7 x10 ⁸	0	12.5 x10 ⁶	0	1 x10 ⁶	23.8 x10 ⁸	70 x10 ⁶	93.3 x10 ⁶	18.7 x10 ⁶	57.9 x10 ⁷	15.2 x10 ⁷
Biostat y Bauveril	47.25 x10 ⁷	42.63x10 ⁷	12.57x10 ⁷	12.5x10 ⁶	17.7x10 ⁶	12.5x10 ⁵	12.6x10 ⁷	50x10 ⁴	75x10 ⁴	84.5x10 ⁸	0	75.3 x10 ⁶	50 x10 ⁴	10.1 x10 ⁷	35.3 x10 ⁶

C: Cladosporium

F: Fusarium

Mu: Mucor

Al: Alternaria

N: Nigrospora

Lev: Levadura

Pae: Paecilomyces

B: Beauveria

R: Rhodotorula

Ps: Pseudomonas

Ba: Bacillus

Mc: Micrococcus

Otras: Abarca otras bacterias que no se pudieron clasificar

 Me: Metarrhizium: 37.5 x 10⁷ (Biostat)

 Ver: Verticillium: 25.0 x 10⁴ (Biostat y Bauveril)

 G: Geotrichum: 17.5 x 10⁵ (Testigo)

 Tr: Trichoderma: 17.5 x 10⁷ (Testigo)

 Sc: Scopulariopsis: 10.5 x 10⁷ (Labores culturales y materia orgánica; 25 x 10⁵ (Biostat))

RECOMENDACIONES

Para el control integrado de nemátodos parásitos del plátano se debe sembrar “semilla sana”, realizar todas las prácticas culturales con énfasis en fertilización y manejo de picudo negro; hacer monitoreo periódico para detección de especies, conteo de poblaciones y evaluar la sanidad de las raíces de la unidad de producción madre y colino de retorno al momento de aparición de la bellota de la planta madre en ésta y el colino de retorno; repetir el monitoreo en el colino de retorno al

momento de cosecha de la planta madre y luego de éste en el momento de aparición de la bellota y cosecha. El uso de microbiológicos como hongos entomopatógenos de nemátodos *Paecilomyces lilacinus* y de *B. bassiana* para picudo negro *Cosmopolites sordidus* son buenas herramientas para ser consideradas promisorias como una de las alternativas de control integrado de estos dos problemas sanitarios, considerados de importancia económica en el cultivo de plátano en Colombia y en el mundo.

Tabla 3. Desarrollo y producción de plátano “Dominico hartón” *Musa AA* con aplicaciones de *Beauveria bassiana* y *Paecilomyces lilacinus* dentro de un manejo integrado de nemátodos parásitos

Tratamiento	H.F.B*	H.F.C	Seudotallo		F.B.	F.C	SBC	Peso racimo (Kg)		Incrmento	Dedo central Segunda mano			No. manos		No. de dedos		
			Altura (m)	Perímetro (cms)				Inicial	Final		Longitud	Perímetro (kg)	Peso (g)	Inicio	Final	Inicio	Final	Incrmento
Testigo	14	5.1	4.83	85.48	44.3	61	17	16.33	18.98	2.65	28	17.15	458	5.4	7	38.1	58.6	20.5
Labores culturales y Materia orgánica	14	5.1	5.54	94.65	44	61	17	18.97	17.6	-1.37	28	16.7	432	6.1	7	43.8	45.4	1.6
Biostat	15	5.1	5.29	89.15	44.4	61	17	18.98	23.56	4.58	28.5	16.65	424	6.1	8	49.9	62.1	12.2
Biostat y Baveril	15	5.4	5.06	85.90	44.3	61	17	16.51	22.05	5.54	28.0	16.15	428	5.6	7	41.1	47.4	6.3

* Hojas funcionales a la aparición de bellota. Promedio de 10 plantas (repeticiones) por tratamiento

F. B.: Fecha aparición de bellota (semana del año)

F. C.: Fecha cosecha (semana del año)

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria “Corpoica”; a Laverlam; al doctor Alberto Londoño, propietario de la Finca Yalta; y a la secretaria María Diva Elsa Ramírez C., del Grupo de Investigación Agrícola de la Regional 9 de Corpoica, por su apoyo y colaboración en la realización de esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- ARANZAZU H., L. F.; ARCILA, M. I.; BOLAÑOS, M. M.; CASTELLANOS, P. A.; CASTRILLÓN, C.; PÉREZ, J. C.; RODRÍGUEZ, J. L.; VALENCIA, J. A. 2000. Manejo integrado del cultivo del plátano. CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA “CORPOICA”
- BARNETT, H. L. 1960. Illustrated genera of imperfect fungi 2nd. Edition. Burgess Publishing Company. Minneapolis USA. 225 p.
- BARRON, S. S.; NOVO, S. R.; VALIÑO, A. A. 1982. Introducción a la microbiología del suelo. Edit. Pueblo y Educación. Habana, Cuba. p. 151 - 155.
- BELALCÁZAR C., S. 1991. El Cultivo del Plátano en el Trópico. Instituto Colombiano Agropecuario. Comité Departamental de Cafeteros del Quindío. Manual de Asistencia Técnica N° 50. Armenia - Colombia. 375 p.
- BRIDGE, J. 1991. Worldwide distribution of the major nematodes parasites of bananas and plantains. En: Biological and integrated control of highland banana and plantain pests and diseases. International Institute of Tropi-

cal Agriculture. p 185-191.

- CASTRILLÓN, C. 1985. Efectividad de Tres Insecticidas Contra el Picudo Negro del Plátano (*Cosmopolites sordidus* Germar) en Trampas “Disco de Cepa Modificado”. En: Memorias Primer Simposio Internacional sobre Sanidad Vegetal del Área Andina. ICA. Bucaramanga. 17 p.
- CASTRILLÓN, C. 1.987. Reconocimiento del Picudo Negro (*Cosmopolites sordidus* Germar) del Plátano en el Departamento del Quindío. En: ICA Informa. 21 (2). Armenia. pp. 16-21.
- CASTRILLÓN, C. 1988. Efecto del Pirimiphos Ethyl sobre Adultos del Picudo Negro (*Cosmopolites sordidus* Germar) (Coleoptera curculionidae) en Plátano Dominico Hartón (*Musa AAB Simmonds*). En: Resúmenes XV Congreso Colombiano de Entomología “SOCOLEN”. Manizales. 76 p.
- CASTRILLÓN, C. 1989. Manejo Integrado del Picudo Negro (*Cosmopolites sordidus* Germar) en Plátano y Banano en la Zona Cafetera de Colombia. Asociación para la Cooperación en Investigaciones Bananeras en el Caribe y en América Tropical. pp. 349-360. En: ACORBAT. Memorias IX. Maracaibo-Venezuela.
- CASTRILLÓN A, C; CASTRILLÓN J, M. M. 2000. Reconocimiento de nemátodos parásitos del cultivo del plátano (*Musa AAB Simmonds*) clon Dominico hartón, en la granja LUKER (Palestina). Estudio de Caso, Práctica Institucional, Programa de Agronomía, Universidad de Caldas. p. 25.
- CHAU, N. N; THANH, N. V; WAELE, D. DE; GERAERT, E. 1991. Plant parasitic nematodes associated with banana in Vietnam. Musarama. Vol 12, No 1. p 63.
- ESTRADA R, R; CASTELLANOS C, E; CASTRILLÓN A, C; HERRERA M, J. G; ARIAS M, J. A; SUÁREZ P, O; CANO P, G. 1989. Análisis de la situación fitosanitaria del cultivo del

- plátano (*Musa* AAB Simmonds) en la zona cafetera central. Instituto Colombiano Agropecuario, Creced Caldas, Fondo DRI. Manizales . p 28-33.
- FOGAIN, R. 1994. Plagas de bananos y plátanos en Camerún. Infomusa. Vol 3, No 1. p 19.
- GOLD S. C. 1998. Manejo Integrado de Plagas del Gorgojo del Banano, con Énfasis en África Oriental. En: Memorias del Taller Internacional sobre Producción de Banano Orgánico y/o Ambientalmente Amigable. Guácimo, Costa Rica, julio 27-29. INIBAP-CIID EARTH, Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano, Montpellier, Francia. pp. 152-172.
- GÓMEZ T, J. 1983. Nemátodos fitoparásitos y su importancia económica en plantas de plátano en Colombia. Memorias Primer Seminario Internacional sobre Plátano. Manizales. p 80-96.
- GRISALES L., F.; LESCOT, T. 1999. Encuesta Diagnóstico Multifactorial Sobre Plátano en la Zona Cafetera Central de Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario. Centro Nacional de Investigación de Café «Pedro Uribe M.» Boletín Técnico N° 18.
- HEMENG, O. B. 1991. Studies on parasitic nematodes associated with plantain. En: Biological and integrated control of highland banana and plantain pests and diseases. International Institute of Tropical Agriculture. p 252-259.
- JIMÉNEZ F, M. I; TRIVIÑO, C; VELASCO, L. 1999. Influencia de la temperatura y la precipitación en la fluctuación poblacional de *Radopholus similis* en las zonas oriental y central del Ecuador. Musarama. Vol 12, No 1. p 62.
- MAI, W.F. and LYON, H. H. 1975. Pictoria Key to Genera of Plant-Parasitic Nematodes. Comstock Publishing Associates.
- SCHAAD, N. W. 1980. Laboratory guide for identification of plant pathogenic bacteria. Department of plant pathology. St Paul (Minnesota): University of Georgia. 1-27 p.
- TAYLOR, A. L. 1968. Introducción a la nematología vegetal aplicada. Guía de la FAO para el estudio y combate de los nemátodos parásitos de las plantas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 135 p.

Potencial del hongo nativo entomopatógeno *Beauveria bassiana*, como un componente de manejo integrado del Picudo negro (*cosmopolites sordidus*) en Colombia

The potential of indigenous fungal pathogens *beauveria bassiana* as a component of integrated management of the banana weevil, *cosmopolites sordidus* in Colombia

C. Castrillón; C. F. Urrea; J. E. Cardona; L. E. Zuluaga; H. Morales; *G. Alzate

RESUMEN

Control de picudo negro *Cosmopolites sordidus* (Germar) en cultivos de plátano “Dominico hartón” *Musa* AAB con prácticas culturales y aplicación del hongo nativo patógeno *Beauveria bassiana* (Bauveril), dirigida alrededor de la planta hasta 60 cms de distancia del seudotallo y sobre éste, hasta 30 cm de la superficie del suelo, mostraron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) en la reducción de la población de *C. sordidus* y otras especies dañinas *Metamasius hebetatus* y *M. hemipterus* con parasitismo superior al 30%. Igualmente se redujo el coeficiente de infestación en 90%. Se aumentó el peso del racimo en 5.5 kg con una calidad uniforme en el peso de los dedos (450 g), considerada de primera para el mercado en Colombia.

Palabras claves: **Hongos nativos, control, producción**

ABSTRACT

Control of banana weevil *Cosmopolites sordidus* (Germar) of the Plantain crop “Dominico herton” *Musa* AAB was made. With cultural practices and the indigenous fungi pathogens *Beauveria bassiana* (Bauveril) direct applications to the soil around the plant, until 60 cms of distance of pseudostem and above 30 cms of the surface of the soil, showed significant differences ($\alpha \leq 0.05$) in the reduction of populations of *C. sordidus* and the another pest species *Metamasius hebetatus*, and *M. hemipterus* with to parasitic over 30%. Was to reduced the infestation coeficient in 90%, increased the bunch weight in 5.5 kg with uniforme quality in the weight of the fingers (459 g) consideredated of first class for marketing in Colombia.

Words keys: **Indigenous entomopathogens, control, growth**

INTRODUCCIÓN

En Colombia, el cultivo de plátano *Musa* AAB, es importante por ser alimento básico (Grisales y Lescot, 1999), generador de empleo y fuente de ingreso para los productores. Se cultiva desde el nivel del mar hasta los 2.000 metros de altura. La zona cafetera cultiva 260.000 ha de las 400.000ha de plátano del país y aporta el 70% de la producción nacional destinada a satisfacer 86% del consumo interno, calculado en 2.5 millones de toneladas al año, convirtiéndose ésta en la zona productora más importante (Castrillón 2000, 2001).

A pesar de la importancia económica, su explotación presenta entre otros problemas, el uso de se-

milla asexual (cormos de peso mayor a 1.5 kg) infestada que junto con la presencia de Picudo negro (*Cosmopolites sordidus* Germar) y nemátodos influyen no sólo en los rendimientos (Gold, 1998; Fogain, 1994; Castrillón, 2000), sino en la vida útil de las plantaciones (Castrillón, 1985, 1987, 1988, 1989, 2000). El control de picudo negro se hace en forma mecánica a través del uso de trampas, las cuales son cebadas con productos químicos (Carbofuran, clorpirifos, entre otros) que matan al insecto plaga y a los controladores biológicos como *Dermaptera* sp., *Ontophagus* sp. y *Hololepta* sp. (Castrillón 1985, 1988, 1996). El uso de control microbiológico se ha venido implementando

* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA. A.A. 1287. Manizales-Caldas, Colombia. Tel: (576) 8876197; Fax (576) 876204. E.mail: nitas@hotmail.com.co *LAVERLAM S. A. Fax: 4474409. Cra. 5 No. 47-165. Cali, Valle, Colombia

como una alternativa de manejo integrado con el uso de hongos entomopatógenos: *B. bassiana* y *Metarhizium anisopliae* y entomonemátodos *Steinernema carpocapsae* nativos (Castrillón, 1996, 2000). El hongo *B. bassiana* ha mostrado ser el más eficaz en el parasitismo de adultos y larvas de *C. sordidus* y adultos de *Metamasius hemipterus* y *M. hebetatus* (Castrillón, 1996, 2000); actualmente se produce comercialmente por empresas y artesanalmente en arroz precocido (Castrillón, 1996, 2000) por agricultores, pero estos últimos tienen problema de contaminación, incrementando los costos de producción y reduciendo la patogenicidad de la cepa.

El objetivo de esta investigación fue evaluar la eficacia de la cepa nativa *Beauveria bassiana* (Bauveril) producida comercialmente para el control de picudo negro en términos de calidad de la producción y complementar este manejo con la aplicación de *Paecilomyces lilacinus* (BIOSTAT) para el control de nemátodos parásitos en las raíces de plátano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se desarrolló en un cultivo de plátano "Domino hartón", ubicado a 1.320 m.s.n.m., 26°C, 1.800 mm de precipitación anual de tercer ciclo de cosecha, sembrado con cormos de más de 2 kg de peso; al cual el productor le realizaba todas las labores culturales, especialmente manejo de arvenses (químico y mecánico), fertilización, control de picudo negro, con trampas deseudotallo tipo "Sanduche" (Castrillón, 1989, 2000), cebadas con Carbofuran granulado y de sigatokas con aspersiones periódicas (cada 20-30 días) de fungicidas; después de cosecha se dejaba elseudotallo entero y cormos en pie. Para la instalación de la investigación se realizaron labores culturales, como eliminación y picado de residuos de cosecha, plateo amplio y erradicación de plantas con elefantiasis o virus.

El diseño estadístico empleado fue "Bloques Completos al Azar", con cuatro tratamientos de 250 plantas cada uno, 10 repeticiones (planta con bellota/repeticón) por tratamiento.

La aplicación de Bauveril a las plantas se realizó con bomba de espalda, de presión constante, a las trampas se les realizó con atomizador manual.

Los tratamientos para MIP de picudo negro fue-

ron: Testigo; labores culturales y 20 trampas tipo "Disco de cepa" (Castrillón, 1983, 1985, 1989, 1996, 2000 y 2001); Control Químico: Aplicación de Carbofuran granulado en espolvoreo sobre las superficies de las trampas tipo "Disco de cepa"; labores culturales y aplicación de Bauveril 140 cc de la dilución en los primeros 30 cm delseudotallo y alrededor del mismo hasta 60 cm. Igualmente, se asperjaron los residuos de cosecha (seudotallos y cormos) picados entre las calles y las 20 trampas tipo "Disco de cepa". Después de la primera aplicación, el producto se aplicó en una dilución de 50 g en 60 litros de agua en la misma cantidad por planta y por trampa; el tercer tratamiento complementado con la aplicación de Biostat 140 cc de la dilución. Para picudo las variables fueron: Población total de adultos de picudo negro, picudo amarillo (*Metamasius hebetatus* Gyllenhal), picudo rayado (*Metamasius hemipterus* sericeus Oliver); mortalidad y parasitismo por especie; coeficiente de infestación del cormo (Vilardebo, 1973), desarrollo de la planta y producción. Las variables de desarrollo fueron; altura final de la planta, diámetro delseudotallo a 1 m de altura del nivel del suelo, número de hojas funcionales al momento de aparición de la bellota, y a cosecha, tiempo de aparición de bellota y tiempo a cosecha. Las variables de producción por racimo con 30 cm de raquis fueron; peso total, número total de manos y dedos; peso, perímetro y largo del dedo central de la segunda mano.

Los adultos de las diferentes especies de picudo se depositaron en recipientes identificados por tratamiento; todas las muestras se transportaron del campo al laboratorio en neveras de icopor.

Procesamiento de muestras: Los adultos de picudo de desinfestaron y se colocaron en cámara húmeda para evaluar mortalidad y parasitismo, según la técnica ajustada por Castrillón, 1996, 2000.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Captura de adultos de picudo negro: La población de adultos en las trampas "Disco de cepa" para los diferentes tratamientos se redujo a través de las evaluaciones semanales; sin embargo, cada vez que se renovaron las trampas la población aumentó, debido a los olores aromáticos que expone el tejido del cormo al hacer los cortes (Castrillón, 1983, 1985, 1989, 1996, 2000 y 2001).

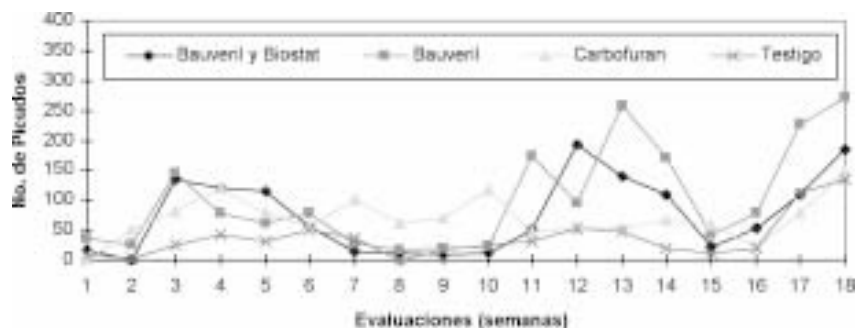


Figura 1. Dinámica de Picudo negro en plátano (*Musa AAB*) con insecticidas biológicos y químico (Finca Yalta-Armenia, Quindío) 2002

Tabla 1. Captura y parasitismo de adultos de picudo y tijeretas con aplicaciones de *Beauveria bassiana* y *Paecilomyces lilacinus* en cultivos de plátano “Dominico hartón” *Musa AAB*

Tratamiento	<i>C. sordidus</i>			<i>M. hebetatus</i>			<i>M. hemipterus</i>			<i>Dermaptera spp. **</i>		
	Captura*	Parasitismo %	Vivos	Captura*	Parasitismo %	Vivos	Captura*	Parasitismo %	Vivos	Captura*	Parasitismo %	Vivos
Testigo	132	0.0	-	37.0	0.0	-	10.0	0.0	-	17.0	0.0	17.0
Control químico	117	0.0	4.0	67.0	0.0	31.0	20.0	0.0	1.0	0.0	0.0	5.67
Bauveril	138	35.0	-	101.3	78.0	-	9.27	29.0	-	16.22	0.1	-
Bauveril y Biostat	121	30.1	-	75.0	67.7	-	12.7	35.3	-	16.7	0.0	-

* Promedio de 10 trampas y 18 evaluaciones
 ** Control biológico de picudos

llón, 1996, 1998, 2000) (Figura 1).

En general (Tabla 1), se observó que la mayor población fue de picudo negro *C. sordidus*, seguida de *Metamasius hebetatus* y *M. hemipterus* en todos los tratamientos y su muerte por acción del Carbofuran fue del 96% (113 adultos) quedando 4% (4 adultos) vivos que podrían generar poblaciones resistentes al producto; en este tratamiento al igual que en el testigo no se presentó muerte por *B. bassiana*, contrario a los tratamientos donde se aplicó este microbioológico con un parasitismo del 35% de adultos con la aplicación individual de *Beauveria*, y cuando se aplicaron los dos microbioológicos (Bauveril y Biostat) el parasitismo fue de 30.1%. Igual comportamiento presentaron *M. hebetatus* y *M. hemipterus*, pero el parasitismo en

M. hebetatus fue del 78% y 67.7 con *B. bassiana* solo y este biológico complementado con *Paecilomyces* sp. Vale la pena resaltar la población de estas especies que escapa a la acción del carbofuran 46% (31 individuos) para *M. hebetatus* y 3.05% (1 individuo) para *M. hemipterus*, respectivamente. Con relación a las especies de control biológico, *B. bassiana* se encontró parasitando sólo el 0.6% (0.1) de “tijeretas” *Dermaptera* spp. considerada depredador de larvas de las tres especies de picudo del plátano (Castrillón 1996, 2000, 2001). Una relación directa se mantuvo entre la población de adultos de picudo negro y el coeficiente de infestación. Comparando el coeficiente de infestación inicial y 6 meses después (Figura 2), se observa que al igual que la dinámica poblacio-

nal este se redujo a través de las evaluaciones y su valor fue inferior cuando se aplicaron los microbio-lógicos.

En la Tabla 2, se observa que en el tratamiento testigo se redujo el área afectada en el cormo en 50%, con carbofuran en 47.8%, con *B. bassiana* en 95% y con la aplicación de los dos microbio-lógicos en 90%; *Beauveria bassiana* redujo el daño en el cormo con diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) Tuckey, lo que indica que este hongo se estaría movilizandopor las galerías dejadas por las larvas al consumir el cormo y las estaría parasitando.

El desarrollo de las plantas no presentó diferen-cias significativas entre los tratamientos (Tabla 3); sin embargo, el mayor peso de racimos se obtuvo con la aplicación de los dos microbiológicos (22.05 kgs), seguido de la aplicación de *B. bassiana* (21.75 kgs), no se presentó aumento con Carbofuran (19.20 kg) y se redujo en 1.24 kg/racimo en el testigo (18 kgs). El tamaño del dedo central de la segunda mano fue igual para todos los tratamientos, lo que indica que la homogeneidad en el llenado de los dedos del racimo sea el responsable del mayor peso.

CONCLUSIONES

El manejo integrado del picudo negro del plátano requirió de prácticas culturales, control mecánico a través de trampas tipo “Disco de cepa” y eliminación de residuos de cosecha para reducir la población; se observó que la aplicación de *B.*

bassiana (Bauveril) fue eficaz en el parasitismo de adultos de picudo negro y las otras dos especies de picudo que se encontraron atacando el cultivo y su eficacia en términos de la calidad de la producción (peso de racimo y dedo central de la segunda mano y número de dedos) se aumentó cuando se complementó su aplicación al suelo con *Paecilomyces lilacinus* (Biostat), lo que indicó que las raíces estaban afectadas por nemátodos fitoaprástos, ya que este hongo es parásito de estos microorganismos.

RECOMENDACIONES

El control integrado del Picudo negro del plátano (*Cosmopolites sordidus*), debe iniciarse desde la selección de semilla sana y la realización de prácticas culturales que favorezcan el desarrollo del cultivo y la creación de condiciones desfavorables para el hábito del insecto, especialmente para el adulto, con eliminación de residuos de cosecha (seudotallo y cormos) y plateo limpio, complementado con el control biológico a través de la aplicación de entomopatógenos como *B. bassiana* a la base de las plantas y residuos de cosecha, así como en las trampas “Disco de cepa”, que son de amplia adopción por los agricultores. Se debe aplicar otros microorganismos biológicos como *Paecilomyces lilacinus*, para nemátodos fitoparásitos presentes en los cultivos de plátano en Colombia, ya que este microbiológico aumenta el nivel de respuesta de los entomopatógenos del

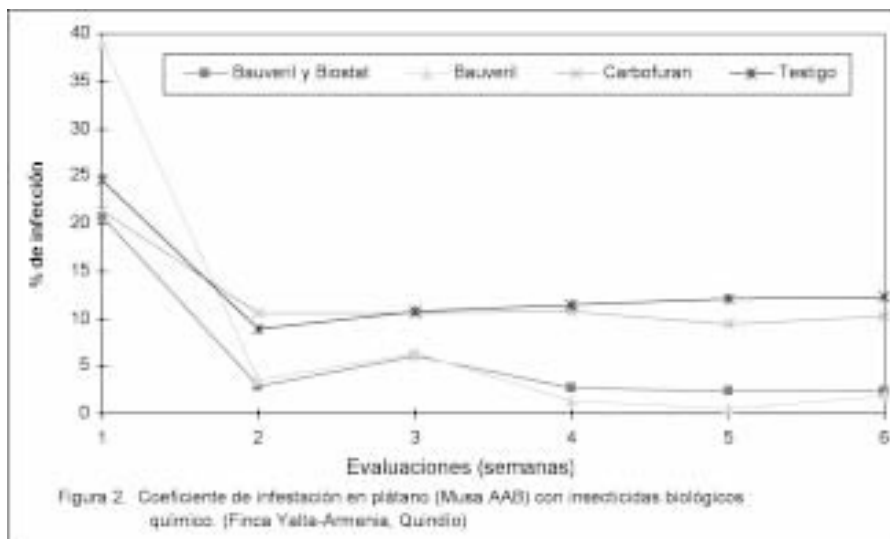


Tabla 2. Coeficiente de infestación (Vilardebo) en Plátano *Musa* AAB con aplicaciones de *Beauveria bassiana* y *Paecilomyces lilacinus*, para control de picudo negro del plátano

Tratamiento	Coeficiente de Infestación (galerías en el cormo %)						
	Evaluación (meses)						
	1	2	3	4	5	6	Media *
Testigo	24.49	8.88	10.81	11.44	12.11	12.21	3.89 A
Control químico	21.3	10.6	10.6	10.8	9.47	10.2	3.00 B
Bauveril	39.04	3.48	6.44	1.29	0.54	1.91	2.97 B
Bauveril y Biostat	20.74	2.85	6.01	2.71	2.43	2.22	2.21 B

Promedio de 10 plantas por evaluación

* Datos transformados a $\sqrt{x+1}$

Valores con la misma letra no presentaron diferencias significativas (a 0.05) Tuckey

Tabla 3. Desarrollo y producción de plátano “Dominico hartón” *Musa* AAB con aplicaciones de *Beauveria bassiana* y *Paecilomyces lilacinus* dentro de un manejo integrado de picudo negro (*C. sordidus* Germar)

Tratamiento	H.F. B*	H.F. C	Altura (m)	Perímetro (cms)	F.B.	F.C	SBC	Peso racimo (kg)			Dedo central			No. de manos		No. de dedos		
								Inicial	Final	Incremento	Longitud	Perímetro (kg)	Peso (g)	Inicio	Final	Inicio	Final	Incremento
Testigo	15	5.6	5.10	87.85	44.2	60	16	19.29	18.05	-1.24	27	14.8	387	6.4	7	51.5	55	
C. químico	15	5.1	5.18	90.50	44.1	61	17	18.96	19.20	0.24	28.3	16.55	434	5.7	7	48.6	48	
Bauveril	14	5.4	5.60	97.75	44	60	16	19.00	21.75	2.75	27.4	16.15	389	6.2	7	47.6	54.5	
Bauveril-Biostat	15	5.4	5.06	85.90	44.3	61	17	16.51	22.05	5.54	28.0	16.15	428	5.6	7	41.1	47.4	

*Hojas funcionales a la aparición de bellota. Promedio de 10 plantas (repeticiones) por tratamiento

picudo negro, además incrementa los rendimientos y mejora la calidad de la producción.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria “Corpoica”; a Laverlam; al doctor Alberto Londoño, propietario de la Finca Yalta; y a la secretaria María Diva Elsa Ramírez C., del Grupo de Investigación Agrícola de la Regional 9 de Corpoica, por su apoyo y colaboración en la realización de esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- CASTRILLÓN, C. 1983. Evaluación de dos tipos de trampa “Disco de cepa” en plátano, en el departamento de Risaralda. X Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. SOCOLEN. Resúmen Bogotá, D. C. 65 p.
- CASTRILLÓN, C. 1985. Efectividad de Tres Insecticidas Contra el Picudo Negro del Plátano (*Cosmopolites sordidus* Germar) en Trampas “Disco de Cepa Modificado”. En: Memorias Primer Simposio Internacional sobre Sanidad Vegetal del Área Andina. ICA. Bucaramanga. 17 p.
- CASTRILLÓN, C. 1987. Reconocimiento del Picudo Negro (*Cosmopolites sordidus* Germar) del Plátano en el Departamento del Quindío. En: ICA Informa. 21 (2). Armenia. pp. 16-21.
- CASTRILLÓN, C. 1988. Efecto del Pirimiphos Ethyl sobre Adul-

- tos del Picudo Negro (*Cosmopolites sordidus* Germar) (Coleoptera curculionidae) en Plátano Dominico Hartón (Musa AAB Simmonds). En: Resúmenes XV Congreso Colombiano de Entomología "SOCOLEN". Manizales. 76 p.
- CASTRILLÓN, C. 1989. Manejo Integrado del Picudo Negro (*Cosmopolites sordidus* Germar) en Plátano y Banano en la Zona Cafetera de Colombia. Asociación para la Cooperación en Investigaciones Bananeras en el Caribe y en América Tropical. pp. 349-360. En: ACORBAT. Memorias IX. Maracaibo-Venezuela.
- CASTRILLÓN, C. 1996. Manejo Integrado del Picudo Negro del Plátano con Énfasis en la Utilización de Entomopatógenos. En: Resúmenes XXIII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN. Cartagena. 87 p.
- CASTRILLÓN, C. 2000. Distribución de las Especies de Picudo del Plátano y Evaluación de sus Entomopatógenos Nativos en el Departamento de Risaralda. CORPOICA-Comité de Cafeteros de Risaralda-UMATA Departamento de Risaralda. Manizales. 72 p.
- CASTRILLÓN A, C; CASTRILLÓN J, M. M. 2000. Reconocimiento de nemátodos parásitos del cultivo del plátano (*Musa AAB Simmonds*) clon Dominico hartón, en la granja LUKER (Palestina). Estudio de Caso, Práctica Institucional, Programa de Agronomía, Universidad de Caldas. p. 25.
- CASTRILLÓN A, C. 2001. Importancia económica, etología y manejo integrado del picudo negro del plátano. En: Manejo de Sigatocas, Moko y Picudo negro del plátano, en el eje cafetero. Corpoica-Comité de Cafeteros del Quindío-Umata-Sena Regional Quindío-Armenia. pp. 2-7
- FOGAIN, R. 1994. Plagas de bananos y plátanos en Camerún. Infomusa. Vol 3, No 1. p 19.
- GOLD S. C. 1998. Manejo Integrado de Plagas del Gorgojo del Banano, con Énfasis en Africa Oriental. En: Memorias del Taller Internacional sobre Producción de Banano Orgánico y/o Ambientalmente Amigable. Guácimo, Costa Rica, julio 27-29. INIBAP-CIID EARTH, Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano, Montpellier, Francia. pp. 152-172.
- GRISALES L., F.; LESCOT, T. 1999. Encuesta Diagnóstico Multifactorial Sobre Plátano en la Zona Cafetera Central de Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario. Centro Nacional de Investigación de Café «Pedro Uribe M.» Boletín Técnico N° 18.
- VILARDEBO, A. 1973. Le coefficient D'infestation, Critère D'évaluation du Degrè D'attaques des Bananeries par *Cosmopolites sordidus* Germar, le Charancon Noir du Bananier. Fruits 28 (6) : 417-426.

Evaluación de *Beauveria bassiana* (bals.) vuill. en formulación comercial y artesanal para el manejo del Picudo negro (*Cosmopolites sordidus* GERMAR) en plátano

Evaluation of *Beauveria bassiana* (bals.) vuill. in commercial and artesanal formulation for the managing of the banana weevil (*Cosmopolites sordidus* GERMAR) in plantain

J. C., Ríos; A., Soto; C., Castrillón

RESUMEN

En laboratorio, pruebas de eficacia en términos de patogenicidad, con adultos de Picudo negro, 3 cepas *B. bassiana* de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria y 2 de la compañía Laverlam, demostraron que la Cepa Nativa Corpoica (CNC) 11, Bauveril y Brocaril fueron más eficaces. En cultivo de plátano "Dominico hartón" con concentraciones de 16.0×10^{12} , 63.5×10^{12} y 55.5×10^{12} conidias/ml respectivamente. Se demostró que no hubo diferencias significativas a < 0.05 en el número adultos de Picudo negro *Cosmopolites sordidus* Germar y amarillo *Metamasius hebetatus* (Gyllenhal) capturados, pero sí entre éstos y rayado *M. hemipterus* sericeus (Oliver). La mortalidad en Picudo negro y rayado no presentó diferencias significativas a < 0.05 para las cepas. Para Picudo amarillo el porcentaje de mortalidad fue superior con la CNC 11. En cuanto al número de *Dermaptera* sp., *Ontophagus* sp. y *Hololepta quadridentata*, no hubo diferencias significativas a < 0.05 entre los tratamientos con *B. Bassiana*, pero sí entre éstos y Clorpirifos (100% de mortalidad).

Palabras claves: *Beauveria bassiana*, *Cosmopolites sordidus*, plátano, hongos entomopatógenos.

ABSTRACT

In laboratory, efficiency tests in terms of pathogenicity, with adult of weevil black, three strains of *B. bassiana* of the Colombian Corporation of Agricultural Investigation and two of the Laverlam Co., demonstrated that the Native strain Corpoica (NVC) 11, Bauveril and Brocaril were more effective. In plantain crop "Dominico harton" with concentrations of 16.0×10^{12} , 63.5×10^{12} and 55.5×10^{12} conidias/ml respectively. It was demonstrated that there were not significative differences ($\alpha < 0.05$) in the number of adults of banana weevil (*Cosmopolites sordidus* Germar) and yellow (*Metamasius hebetatus* Gyllenhal) captured, but between these insects and striped there were differences themselves (*M. hemipterus* sericeus (Oliver)). The mortality in banana weevil and striped did not present significative differences ($\alpha < 0.05$) for the strains. For weevil yellow the percentage of mortality was bigger with NVC 11. Talking about the number of *Dermaptera* sp., *Ontophagus* sp. and *Hololepta quadridentata*, there were not significative differences ($\alpha < 0.05$) between the treatments with *B. bassiana*, but between these insects and Clorpirifos mortality totally the contrary, it means, there were significative differences (100% of mortality).

Key words: *Beauveria bassiana*, *Cosmopolites sordidus*, plantain, fungi entomopathogen.

I

INTRODUCCIÓN

Los cultivos de plátano y banano en el mundo, se ven seriamente afectados por plagas y enfermedades de gran importancia económica; dentro de éstas, se destaca el Picudo negro *C. sordidus* Germar, su dispersión básicamente es a través de semilla infestada (Aranzazu *et al.*, 2000;

Belalcázar, 1991; Grisales y Lescot, 1999); su impacto económico ocasiona reducciones hasta del 60% en los rendimientos por disminución del tamaño y calidad de los racimos, así como reducción de la vida útil de las plantaciones por mala brotación de yemas (Castrillón, 2001); igualmente, las perforaciones ocasionadas por la larva del Picudo son aprovechadas por microorganismos patógenos

* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA. A.A. 1287. Manizales-Caldas, Colombia. Tel: (576) 8876197; Fax (576) 876204. E.mail: nitas@hotmail.com.co

como *Ralstonia solanacearum* y *Fusarium oxysporum* (Castrillón, 2001). En Colombia, se encuentra registrado en todas las zonas productoras, su ataque es variable pero más severo en los cultivos ubicados a las orillas de los ríos, especialmente en la región del Magdalena Medio (Castrillón, 1991). Esta plaga generalmente se localiza en la zona basal de las plantas, debajo o dentro de los residuos de cosecha en descomposición, donde la humedad es muy alta y en condiciones de luz tenue (Castrillón, 1995).

Hasta el momento, el manejo que se ha dado a la plaga ha sido a través del control mecánico y químico. Este último, contamina la atmósfera, el suelo y las aguas, causa desequilibrio biológico en las zonas cultivadas y atenta contra la salud del ser humano (Castrillón, 1991). Por lo anterior, es necesario buscar otras alternativas de manejo del Picudo negro, como el uso de hongos entomopatógenos, que contribuyan a aumentar la rentabilidad del cultivo y disminuir la contaminación ambiental.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de *B. bassiana* en formulación comercial y artesanal sobre el Picudo negro del plátano dentro de un Plan de Manejo Integrado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria "CORPOICA" - Regional 9 Manizales, ubicada a 2150 m.s.n.m., temperatura promedio de 18°C y humedad relativa del 85%. Para la obtención de las cepas producidas artesanalmente se seleccionaron tres aislamientos de *B. bassiana* nativos, obtenidos de adultos de Picudo negro parasitados en forma natural en el campo, los cuales se encontraban conservados en suelo estéril a 4°C, y otro multiplicado en arroz precocido (20 días después de la siembra). Las cepas se denominaron Cepa Nativa Corpoica (CNC) 10, (CNC) 11 y (CNC) 12 (en arroz precocido), se activaron en PDA (papa dextrosa agar) y se infestaron tres adultos de *C. sordidus* por contacto tarsal, se colocaron en cámara húmeda según la técnica de Castrillón (1995), para reactivar la patogenicidad sobre el insecto.

Se realizaron observaciones diariamente para evaluar la esporulación del entomopatógeno sobre los insectos "Muscardina blanca". Las cepas ya

reactivadas se sembraron nuevamente en cajas petri con medio de cultivo PDA para conservarlas. Las cepas comerciales se obtuvieron de la Compañía Laverlam.

Calidad de las cepas de *B. bassiana*: La evaluación de la calidad de las cepas de *B. bassiana* se hizo con base en Unidades Formadoras de Colonia por gramo (UFC g⁻¹) y número de esporas viables por mililitro (esporas ml⁻¹); a partir soluciones madre de cada cepa, utilizando 1 g de producto biológico comercial (Bauveril y Brocaril) y 0.05 g del micelio esporulado del hongo de 16 días de desarrollo en PDA (Cepas de Corpoica); se depositaron en erlenmeyer de 25 ml y se aforó con agua destilada estéril hasta completar 10 ml. Posteriormente se realizaron diluciones seriadas en base 10 hasta 10¹⁰, de la cual se tomó 10⁵. Se tomó 0.1 ml de esta dilución y se sembró por superficie masiva en zigzag con un rastrillo bacteriológico estéril sobre el medio de cultivo PDA en caja petri de 10 cm de diámetro x 2 cm de altura, realizando 3 repeticiones por cepa. El conteo de las UFC se realizó 4 días después de la siembra.

De la misma dilución de 10⁻⁵ se contaron las conidias en una cámara de Neubauer (hemocitómetro) mediante un procedimiento universalmente estandarizado (Jiménez, 1992).

Toma de muestras: La captura de los adultos de Picudo negro para pruebas de patogenicidad se realizó en campo con trampas tipo "Disco de cepa modificado" (Castrillón, 1991, 1995, 2000, 2001). Los insectos capturados se transportaron en nevera portátil hasta el laboratorio, se mantuvieron en jaulas entomológicas con trozos de corno de plátano para su alimentación.

Pruebas de patogenicidad: Las pruebas de patogenicidad se realizaron con los 5 aislamientos de *B. bassiana* y 6 concentraciones/cepa, 2 grupos control, para un total de 31 tratamientos, 2 repeticiones/tratamiento y 10 individuos/repetición, en un diseño completamente aleatorizado.

El Trabajo de campo se llevó a cabo en un cultivo de plátano "Dominico hartón", sembradas en monocultivo en tercer ciclo de producción. Se utilizó un diseño en bloques completamente aleatorizados con 6 tratamientos y 6 repeticiones. Los tratamientos fueron: Testigo absoluto (Trampa sin cebo); Control (Trampa con agua); Químico (Clorpirifos); Cepa Corpoica (CNC 1); Brocaril y Bauveril; en dosis de 15 cc de la dilución de cada cepa.

Antes de la aplicación de los tratamientos en la finca, se evaluó el parasitismo natural sobre 350 adultos de Picudo negro por *B. bassiana*. Los productos de los diferentes tratamientos se aplicaron sobre la superficie inferior de las trampas tipo "Disco de cepa modificado" (Castrillón, 1995, 2000). Los biológicos se asperjaron en dosis de 15 cc de la suspensión de cada cepa. La concentración de conidias común para los tres tratamientos con biológicos fue la que causó mortalidad mayor al 50%.

Se realizaron evaluaciones semanales durante 2 meses. Las variables de respuesta fueron: Número de adultos de Picudo negro *Cosmopolites sordidus* Germar, rayado *Metamasius hemipterus* sericeus (Oliver) y amarillo *M. Hebetatus* (Gyllenhal) capturados; porcentaje de mortalidad y porcentaje de parasitismo de adultos de cada especie. Igualmente se realizó un monitoreo de *Dermaptera* sp., *Ontophagus* sp. y *Hololepta quadridentata*, los cuales actúan como controladores biológicos del Picudo negro del plátano (Castrillón 1995, 2000, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad de las cepas de *B. bassiana*: La calidad (U.F.C/g) para los 5 aislamientos del hongo entomopatógeno en el laboratorio aparecen en la Tabla 1. Estos resultados indican una alta viabilidad del microorganismo en ambos productos comerciales y se puede esperar una alta eficacia en el laboratorio; sin embargo, esto no asegura que en condiciones de campo su eficacia sea igual, ya que factores ambientales afectan directamente la actividad del entomopatógeno. Las UFC g⁻¹ de la CNC 11 son similares a las de Brocaril y Bauveril, es de anotar que la mayoría de los Deuteromycetos tie-

nen requerimientos no específicos para la germinación, pero algunos inhibidores de germinación pueden estar presentes en el hospedero (Marín *et al.*, 2000), influyendo negativamente en el proceso de infección del entomopatógeno sobre el insecto al disminuir su capacidad para causar parasitismo aunque el número de esporas viables ml⁻¹ sea adecuado.

Pruebas de patogenicidad, el conteo en el hemocitómetro de la concentración exacta de esporas ml⁻¹ de las diferentes suspensiones conidiales que causaron mortalidad en más del 50% de los adultos de Picudo negro en el laboratorio, permitió la selección de las cepas para ser evaluados en el campo. De estas cepas se tomaron los dos productos comerciales (Bauveril y Brocaril), en concentraciones de 63.5 y 55.5 x 10¹² esporas/ml respectivamente, y la CNC 11 a una concentración de 16.0 x 10¹² esporas/ml., los cuales presentaron excelente viabilidad y virulencia, demostrando una vez más la alta capacidad de *B. bassiana* para causar parasitismo, logrando tasas de eliminación de Picudo negro mayores del 90% en laboratorio con éste entomopatógeno (Gold, 1998).

Para las pruebas de patogenicidad en el campo, se emplearon los 6 tratamientos y las mejores concentraciones obtenidas en laboratorio, dentro de un diseño de Bloques al azar, con 6 repeticiones (trampa/repeticion).

En el monitoreo de *B. bassiana* nativo preliminar a la investigación en la finca, no se encontró parasitismo natural sobre adultos de Picudo negro por *Beauveria*, lo que nos indica que los picudos parasitados encontrados en las trampas a lo largo de la investigación en campo fueron infectados por el hongo aplicado en los diferentes tratamientos,

Tabla 1. Unidades Formadoras de Colonia por gramo (UFC g⁻¹) de 5 aislamientos de *B. bassiana* en una dilución 10⁻⁵.

Aislamientos	UFC g ⁻¹			
	R1 ¹	R2 ¹	R3 ¹	Promedio
CNC 10	21x10 ⁵	15x10 ⁵	17x10 ⁵	18x10 ⁵
CNC 11	80x10 ⁵	65x10 ⁵	71x10 ⁵	72x10 ⁵
CNC 12	32x10 ⁵	18x10 ⁵	21x10 ⁵	24x10 ⁵
Brocaril	101x10 ⁵	102x10 ⁵	74x10 ⁵	92x10 ⁵
Bauveril	95x10 ⁵	70x10 ⁵	58x10 ⁵	74x10 ⁵

¹ R1 – R2 – R3. Repeticiones

lo que indica, que de no tomarse medidas correctas de manejo, las poblaciones de Picudo negro se van a incrementar a través de los ciclos de cosecha.

Captura de adultos de picudos de plátano: La captura de adultos de picudo del plátano en las trampas “Disco de cepa” (Tabla 2), ratifican la eficacia de ésta para la captura de adultos de Picudo (Castrillón, 1991; Gold, 1998).

Es de anotar, que estadísticamente se presentaron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) en cuanto al número de adultos de Picudo negro y rayado capturados, se aprecia una mayor captura de las tres especies de picudos en el testigo absoluto con relación al químico, indicando un posible efecto repelente del producto. Igualmente, las pruebas de comparación de Tuckey en la Tabla 2, muestran una mayor captura de adultos de Picudo negro y amarillo al utilizar Brocaril y de Picudo rayado al emplear Bauveril, lo que indica que éstos son promisorios, como una de las alternativas dentro de un Plan de Manejo Integrado de dichas plagas.

Mortalidad de los Picudos del plátano: Para Picudo negro y rayado no hay diferencia entre las cepas de *B. bassiana* utilizadas en cuanto a la mortalidad en términos de parasitismo (Tabla 3), por el alto grado de homogeneidad genética que presentan los diferentes aislamientos de *B. bassiana* que se encuentran en los ecosistemas cafeteros de la región de donde provienen las cepas (Rivera *et al.*, 1997).

Estudios realizados por Castrillón (2000) sugieren que la mejor forma de aplicar los hongos entomopatógenos para el control de Picudos en plá-

tano es usando arroz como sustrato, debido a la fuente de carbohidratos y demás nutrientes que éste proporciona al hongo para su desarrollo y crecimiento. Sin embargo, se obtuvo resultados satisfactorios con las aplicaciones en suspensión de 16×10^{12} conidias/ml realizadas con el entomopatógeno, estando cada vez más cerca de la eficacia alcanzada en otros países con el mismo hongo (Gold *et al.*, 1994).

Controladores biológicos de Picudo negro: El análisis de comparación de las poblaciones de tres especies de insectos controladores biológicos de picudo negro, mostraron que hay diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre los tratamientos (Tabla 4). Con *Beauveria*, el número de *Dermaptera* sp. observado 40% mayor con relación a Clorpirifos, y este entomopatógeno no presentó limitación sobre su estado biológico, ya que estudios realizados por Castrillón (1995) comprobaron la baja mortalidad de los controladores biológicos de Picudo negro por el hongo, obteniendo 1450 insectos benéficos (*Dermaptera* sp., *Ontophagus* sp. y *H. quadridentata*) capturados, y solamente 4 (0.27%) parasitados por *B. bassiana* en las trampas.

CONCLUSIONES

El uso de productos biológicos a base de *Beauveria bassiana* de formulación comercial (Brocaril y Bauveril) o artesanal (CNC11), mostraron ser inocuos a la captura y eficaces en el parasitismo de adultos de picudo negro (*Cosmopolites sordidus*), además de otras especies de picudo plagas de plátano como *Metamasius hemipterus* y *M. hebetatus* con ventajas sobre el equilibrio en la

Tabla 2. Adultos de tres especies de Picudo del plátano capturados en trampas tipo “Disco de cepa modificado”, con entomopatógenos y químico.

Tratamiento	Adultos capturados (Promedio) ¹					
	P. negro		P. rayado		P. amarillo	
Testigo absoluto	18.83	A	26.50	B A	10.33	B
Control con agua	15.50	A	26.16	B A	30.16	A
Clorpirifos	15.66	A	20.83	B	10.00	B
CNC 11	13.33	A	21.66	B A	11.83	B
Brocaril	15.83	A	27.66	B A	19.83	B A
Bauveril	13.16	A	32.33	A	19.00	B A

¹ Promedio de 8 evaluaciones y 6 trampas / evaluación.

Valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes según la prueba de Tuckey (5%).

Tabla 3. Mortalidad de los Picudos del plátano con diferentes cepas de *B. bassiana* y químico.

Tratamiento	% de Mortalidad (Promedio) ¹					
	P. negro		P. rayado		P. amarillo	
Testigo absoluto	0.00	C	0.00	C	0.00	D
Control (con agua)	0.00	C	0.00	C	0.00	D
Clorpirifos	95.16	A	91.33	A	99.00	A
CNC 11	32.00	B	25.83	B	22.83	B
Brocaril	26.83	B	25.00	B	12.66	C
Bauveril	35.66	B	17.16	B	4.33	D

Valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes según la prueba de Tukey (5%).
¹ Promedio de 6 repeticiones y 8 evaluaciones.

conservación de las especies de insectos benéficos *Dermaptera* sp., *Ontophagus* sp. y *Hololepta quadridentata*; lo cual representa una de las alternativas dentro de un Plan de Manejo Integrado del picudo negro.

RECOMENDACIONES

Una forma de incrementar la acción de *B. bassiana* sobre los adultos de picudo del plátano sería incluir en las prácticas culturales la aplicación del hongo en aspersión a las trampas "Disco de cepa" y alrededor de la planta; además, a los residuos de cosecha, ya que en éstos sitios se ubican el 67 y 30% de los adultos de Picudo negro respectivamente (Castrillón, 2001) y se aprovecha a su vez la capacidad del hongo para permanecer en el suelo gracias a su facultad de desarrollar nuevos propágulos en el curso de microciclos de formación de conidias (López *et al.*, 1995).

La cepa de *Beauveria bassiana* de CORPOICA

(CNC 11), se debe producir comercialmente debido a su alta eficacia y calidad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria "CORPOICA" Regional 9; a la Universidad de Caldas; al Auxiliar de Técnico Carlos Fernando Urrea, y a la secretaria María Diva Elsa Ramírez Calderón, del Grupo de Investigación Agrícola de la Regional 9 de Corpoica, por su apoyo y colaboración en la realización de esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- ARANZAZU H., L.F. Y OTROS. Manejo integrado del cultivo de plátano. Primera edición. Manizales, Colombia. Editorial Litoas, 2000. p 80
- BELALCÁZAR C., S. 1991. El cultivo del plátano en el trópico. ICA - Manual de Asistencia Técnica No. 50. Armenia, Colombia. p 376.
- CASTRILLÓN A., C. 1991. Control químico del picudo negro

Tabla 4. Controladores biológicos del Picudo negro del plátano en trampas tipo "Disco de cepa modificado" con entomopatógenos y químico.

Tratamiento	Especies (Promedio) ¹					
	<i>Dermaptera</i> sp.		<i>Ontophagus</i> sp.		<i>H. quadridentata</i>	
Testigo absoluto	14.66	B	1.33	B	1.83	B
Control (con agua)	21.16	A	1.00	B	0.50	B
Clorpirifos	7.83	C	7.16	A	4.16	A
CNC 11	11.66	CB	0.50	B	1.33	B
Brocaril	15.00	B	2.00	B	1.50	B
Bauveril	11.50	CB	0.66	B	1.16	B

¹ Promedio de 8 evaluaciones y 6 trampas / evaluación.

Valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes según la prueba de Tuckey (5%).

- (*Cosmopolites sordidus* Germar) dentro de un programa de manejo integrado. En: Memorias Segundo Seminario de Actualización sobre el cultivo del plátano. Colombia. p 147 - 154
- CASTRILLÓN A., C. 1995. Manejo integrado del picudo negro del plátano con énfasis en el uso de microbiológicos. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA - Regional 9. Manizales.
- CASTRILLÓN A., C. 2000. Distribución de las especies de picudo del plátano y evaluación de sus entomopatógenos nativos en el departamento del Risaralda. Manizales, Colombia. Editor : Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA - Regional 9. p 72.
- CASTRILLÓN A., C. 2001. Importancia económica, etología y manejo integrado del picudo negro del plátano *Cosmopolites sordidus* Germar. En: Memorias Seminario - Taller, - Manejo integrado de sigatokas, moko y picudo negro del plátano, en el eje cafetero. Armenia, Colombia. p 2 - 7.
- GOLD, C.S. 1998. Manejo integrado de plagas del gorgojo del banano, con énfasis en África Oriental. En: Memorias del taller internacional realizado en la EARTH - producción de banano orgánico y/o ambientalmente amigable. Guácimo, Costa Rica. p 152 - 172.
- GOLD, C.S. ET AL. 1994. Assesment of banana weevils in East African higland banana Systems Anstrategies for control. IN: Proceedings of banana nematode / Borer weevil conference, Kvala Lumpur. Los Baños, Philippines. p 18 - 22. Citados por Castrillón A., C. 2000. Distribución de las especies de picudo del plátano y evaluación de sus entomopatógenos nativos en el departamento del Risaralda. Manizales, Colombia. Editor : Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA - Regional 9. p 72.
- GRISALES L., L.F. Y LESCOT, T. 1999. Encuesta diagnóstico multifactorial sobre plátano en la zona cafetera central de Colombia. Boletín Técnico No. 18. Chinchiná, Colombia. p 66.
- JIMÉNEZ G., J.A. 1992. Patogenicidad de diferentes aislamientos de *Beauveria bassiana* sobre la broca del café. Revista CENICAFE. 43 (3): p 84 - 98.
- MARÍN M., P., Y OTROS. 2000. Calidad biológica de formulaciones de *Beauveria bassiana* usadas en el control de la broca del café. Revista Colombiana de Entomología. 26 (1 - 2): p 17 - 23.
- RIVERA N., A., BRIDGE, P.D. Y BUSTILLO P., A.E. 1997. Caracterización bioquímica y molecular de aislamientos de *Beauveria bassiana* procedentes de la broca del café *Hypothenemus hampei*. Revista Colombiana de Entomología. 23 (1 - 2): p 51 - 57.

Evaluación de la presencia de *Metamasius hemipterus* (L.) y *Cosmopolites sordidus* G. (Coleoptera-Curculionidae), en plantaciones de Plátano, Sur del Lago de Maracaibo, Edo. Zulia.

Evaluation of the presence of *Metamasius hemipterus* (L.) and *Cosmopolites sordidus* G. (Coleoptera-Curculionidae) in plantain cultures in Sur del Lago de Maracaibo, State of Zulia.

Briceño, Armando; Hernández, Fraternidad; Mora, Argenis y Ramírez, Wulson

Resumen

Se establece la evaluación de la presencia de *Metamasius hemipterus* (L.) y *Cosmopolites sordidus* G. (Coleoptera-Curculionidae), en plantaciones de Plátano (Musa AAB cv. Harton), Sur del Lago de Maracaibo, Edo. Zulia, a través de la selección de siete fincas equidistantes, en las cuales se colocaban 6 trampas sándwich modificadas por finca y se les aplicó Furadan (Carbofuran). Se realizaron contejes a las 24 horas de haber sido colocadas las trampas, colectando los insectos en frascos de vidrios con alcohol al 70% y trasladados al laboratorio para su análisis posterior. El análisis estadístico utilizado fue un Análisis de Varianza con transformación de rangos y pruebas F aproximadas. Los resultados muestran que las poblaciones de *Metamasius hemipterus* (L.), *Cosmopolites sordidus* G. y el Porcentajes de infestación, fueron altamente significativos en ciertas épocas del año, debido a los cambios bruscos de precipitación y humedad relativa en algunas parcelas muestreadas.

Palabras claves: Plátano, Insectos, *Metamasius hemipterus* (L.) y *Cosmopolites sordidus* G.

Abstract

The presence of *Metamasius hemipterus* and *Cosmopolites sordidus* was evaluated in plantain cultures of seven equidistant properties. In these, six modified sandwich traps treated with Furadan were placed. These were examined after 24 hours and the number of insects caught per trap was determined and the contents were transferred to glass jars containing 70 % alcohol and these to the laboratory for future studies and analysis. The statistical analysis employed to process the data was a Variance Analysis using transformed ranges and approximate F tests. The results of these tests indicate that the populations of *M. hemipterus* and *C. sordidus* as well as the infection percentages were highly significant during certain seasons of the year, due to the abrupt changes in the rainfalls and the relative humidity in some of the sampled plots.

Key words: Plantain, Insect, *Metamasius hemipterus* (L.) y *Cosmopolites sordidus* G.

I

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se realizó en seis fincas plataneras, del Sur del Lago de Maracaibo, específicamente entre las poblaciones de El Chivo, Cuatro Esquinas y Los Naranjos, del Municipio Francisco Pulgar, Edo. Zulia. Desde el mes de Junio del año 1994, hasta diciembre de 1995, se realizaron

las evaluaciones por estación o sector (6) a dos especies de Coleópteros que se encuentran presentes en las Plantaciones de Plátano, *Metamasius hemipterus* L. (gorgojo rayado) y *Cosmopolites sordidus* G. (gorgojo negro).

Castrillón. 1983, a través de ensayos realizados en Colombia, ha demostrado que las trampas tipo

* Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. C.D.C.H.T. Mérida-Venezuela, septiembre 2001.
E-mails autores. Briceño: abriceno@ula.ve Hernández: hernanfr@ula.ve Mora: amora@ula.ve

sándwich modificadas son las más eficientes en la captura de adultos, que el resto de trampas utilizadas (semicilíndrico, sándwich, disco de cepa sencillo, disco de cepa modificado, cuña, canoa, entre otras). Vilardebo. 1973, comparación de los coeficiente de infestación y la producción de las plantaciones de Plátano, el cual se basó en las observaciones de las galerías hechas por las larvas de *C. sordidus* G., en los pseudotallos de Plátano.

El objetivo principal es conocer las poblaciones de estas dos especies, en los rizomas de las platas de plátano, ubicadas en el Sur del Lago de Maracaibo, a través del montaje de trampas y evaluaciones continuas en los diferentes sectores y en el tiempo.

MATERIALES Y MÉTODOS

- Ubicación del área de estudio: La zona platenera escogida, está comprendida entre el Km. 19, Caño Muerto, Cuatro Esquinas y El Chivo, entre los estados Mérida y Zulia, al Sur del Lago de Maracaibo, con una temperatura que oscila entre los 32°C a 36°C, una precipitación de unos 2000mm y una humedad relativa entre los 70% y 80%. Se realizó una transecta desde el Km. 19 hasta El Chivo, con seis (6) puntos de control, ellos fueron: Punto 1. Finca El Milagro (Km. 19); Punto 2. Finca Villa Elena (Km. 20); Punto 3. Finca Guaicaipuro (Km. 25); Punto 4. Finca Los Limonzones (Km. 33); Punto 5. Finca San Antonio (Km. 43); Punto 6. Finca La Victoria (Km. 45).
- Metodología de Campo: Se realizaron dos visitas mensuales (cada 15 días) como inicio de las observaciones, pero en vista de algunos desventajas por el distanciamiento entre ellas, des-

pués de los tres primeros meses, se decidió hacer dos visitas consecutivas al mes. El primer día se colocaban las trampas y el segundo día se hacían las observaciones, es decir el conteo de gorgojos caídos, indicio de la actividad que éstos mantenían durante la noche. Cabe destacar que sólo en la época seca se pudo trabajar con esta modalidad de trampeo. En cada finca se colocaron 6 trampas tipo sándwich modificadas, observaciones y colectas directas en las plantas de plátano. Las trampas sándwich modificadas consistían en hacer un corte en "V" a la cepa ya trozada, a una altura de 20 a 30 cm y luego un corte trasversal de 30 cm de longitud (Fig. 4). La cepa se vuelve a la posición de corte en "V", luego de colocar un insecticida, Furadan (Carbofuran) granulado, a objeto de matar y capturar todos los insectos que incurrieran en la trampa. Los insectos colectados eran guardados en frascos de vidrio previamente identificados, los cuales contenían alcohol al 70%. Estos envases fueron llevados al laboratorio para el conteo y análisis posterior.

- Metodología de oficina: Se realizaron Análisis de Varianza con transformación de rangos y pruebas F aproximadas, ésta es una prueba No Paramétrica que utiliza los rangos ordenados de las observaciones más que las propias observaciones. Esta prueba es útil cuando se tienen datos de conteo o proporciones las cuales son datos que difícilmente logren una distribución normal (este último supuesto básico para realizar un Análisis de varianza usual). Sprent, 1993.

RESULTADOS

Tabla 1. Análisis de la varianza por rangos para el número de *Metamasius hemipterus* L., de acuerdo a los sectores muestreados y el tiempo de recolección.

Fuente de variación	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	P<F
Sector	5	9.177	1.8400	4.57**	0.0004
Tiempo de observación	25	0.149	0.0059	0.01 ^{ns}	1.0000
Sector*Tiempo	125	82.94	0.6640	1.65**	0.0001
Error	758	304.70	0.4020		
Total	913	396.96			

Tabla 2. Análisis de la varianza por rangos para el número de *Cosmopolites sordidus* G., de acuerdo a los sectores muestreados y el tiempo de recolección.

Fuente de variación	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	P<F
Sector	5	6.250	1.250	1.87 ^{ns}	0.0966
Tiempo de observación	25	0.053	0.002	0.00 ^{ns}	1.0000
Sector*Tiempo	125	131.06	1.049	1.57**	0.0002
Error	758	505.54	0.667		
Total	913	642.91			

Tabla 3. Análisis de la varianza por rangos para Porcentajes de Infestación, de acuerdo a los sectores muestreados y el tiempo de recolección.

Fuente de variación	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	P<F
Sector	5	3.580	0.720	1.34 ^{ns}	0.2437
Tiempo de observación	25	0.087	0.003	0.01 ^{ns}	1.0000
Sector*Tiempo	125	105.46	1.879	1.65**	0.0001
Error	758	389.28	0.533		
Total	913	498.41			

Tabla 4. Análisis No paramétrico Kruskal-Wallis para el número de *Metamasius hemipterus* L., *Cosmopolites sordidus* G. y Porcentaje de Infestación, de acuerdo a los sectores muestreados para cada tiempo de observación.

Tiempo de observación	<i>Metamasius hemipterus</i>		<i>Cosmopolites sordidus</i>		Porcentaje de Infestación	
	X ²	P< X ²	X ²	P< X ²	X ²	P< X ²
1	13.48	0.0193	10.10	0.0714	0	1.0000
2	8.82	0.1162	11.29	0.0458	9.65	0.0858
3	8.23	0.1440	9.88	0.0786	7.68	0.1743
4	9.79	0.0814	3.21	0.6678	6.24	0.2833
5	4.44	0.4878	5.15	0.3976	6.10	0.2900
6	4.36	0.4993	6.97	0.2229	11.458	0.0430
7	6.11	0.2956	4.56	0.4713	5.30	0.3800
8	5.52	0.3563	10.18	0.0701	6.51	0.2598
9	4.36	0.4989	4.74	0.4481	6.99	0.2210
10	8.28	0.1415	2.67	0.7495	3.07	0.6888
11	7.23	0.2036	5.66	0.3401	13.57	0.0186
12	18.61	0.0023	10.68	0.0581	3.39	0.6394
13	4.90	0.4279	14.03	0.0154	4.28	0.5098
14	9.20	0.1013	8.19	0.1463	9.20	0.1013
15	6.86	0.2308	10.36	0.0656	9.80	0.0811
16	4.13	0.5312	7.78	0.1685	6.77	0.2381
17	0	0.9999	8.52	0.1297	6.95	0.2247
18	2.37	0.7963	4.30	0.5069	7.43	0.1904
19	0	0.9999	9.74	0.0828	12.99	0.0235
20	8.88	0.1138	8.67	0.1229	4.48	0.4826
21	2.68	0.7494	6.75	0.2393	5.04	0.4111
22	1.26	0.9385	3.13	0.6803	13.97	0.0158
23	9.68	0.0846	5.64	0.3433	4.13	0.5307
24	12.50	0.0285	7.60	0.1794	6.85	0.2317
25	12.66	0.0267	5.79	0.3270	4.98	0.4173
26	11.60	0.0408	6.14	0.2932	15.48	0.0085

Números en negrita estadístico significativos al 5%.

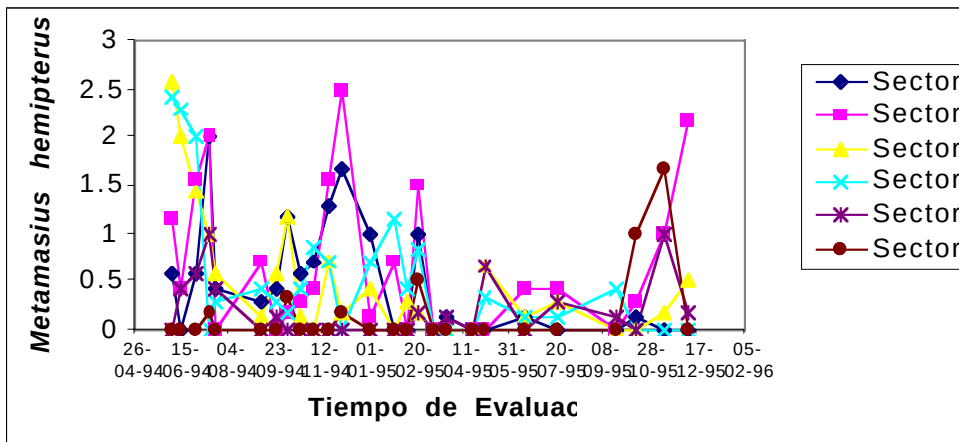


Fig. 1: Promedios de *Metamasius hemipterus* L., por sector y tiempo de evaluación.

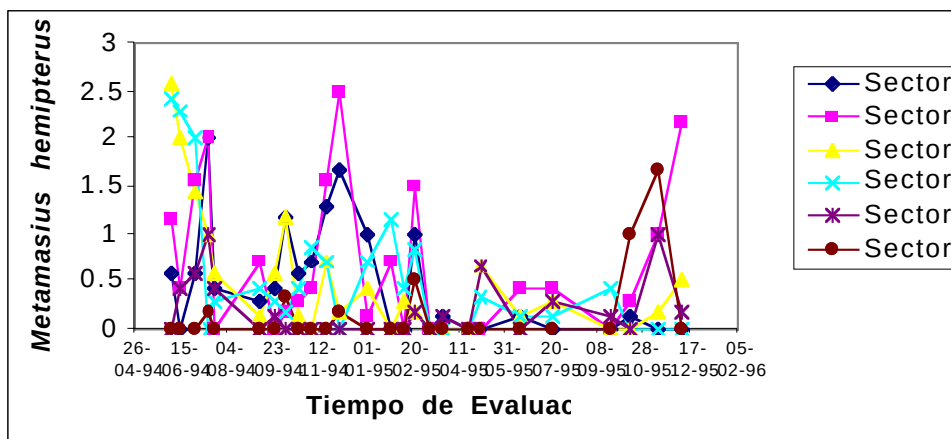


Fig. 2: Promedios de *Cosmopolites sordidus* Germar., por sector y tiempo de evaluación

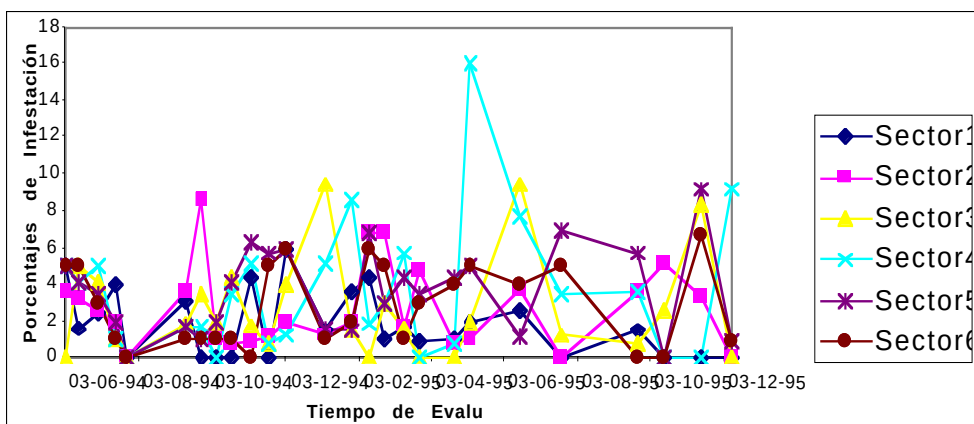


Fig. 3: Promedios de Porcentajes de Infestación, por sector y tiempo de evaluación.

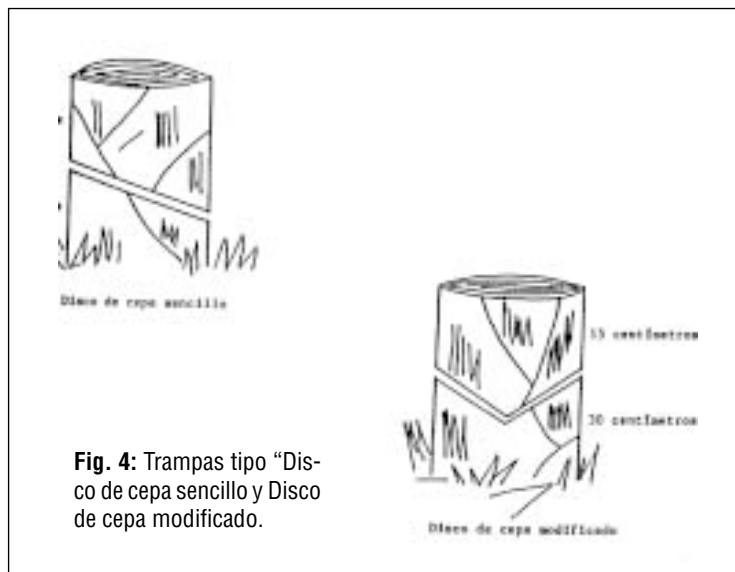


Fig. 4: Trampas tipo "Disco de cepa sencillo y Disco de cepa modificado."

ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Tabla 1., se tienen los resultados correspondientes para el número de *M. hemipterus* L., de acuerdo a los sectores muestreados y el tiempo de evaluación; en ella se aprecia que la interacción sector y tiempo de evaluación es significativa al 1%. Esto nos indica que dependiendo del sector donde se muestreo el número de *M. hemipterus* L., variará en el tiempo de manera diferencial. Estos números fueron altamente significativos en junio, octubre, noviembre y diciembre, que corresponden a las épocas de alta precipitación en esa región. Generalmente existen poblaciones altas de este insecto en plantas de plátano que crecen en suelos arenosos, con deficiencia de agua.
- Tabla 2., se tiene la misma información que el caso anterior, es decir que la interacción sector y tiempo de evaluación es significativa al 1%. Esto nos indica que dependiendo del sector donde se muestreo el número de *Cosmopolites sordidus* G., variará en el tiempo de manera diferencial. Estos números fueron altamente significativos en los meses de junio y enero. En el caso de este insecto, se hace muy susceptible a la deficiencia de agua en el suelo.
- Tabla 3., se tienen los resultados del análisis de la varianza no paramétricos para la variable Porcentajes de Infestación; en el se determinan

al igual que para *Metamasius hemipterus* L., y *Cosmopolites sordidus* G. Que la intersección sector y tiempo de evaluación es significativa al 1%. Esto nos indica que dependiendo del sector donde se muestreo, el porcentaje de infestación variará en el tiempo de manera diferencial.

- Tabla 4., los datos que se observan en este cuadro nos indican que existen números altamente significativos en las diferentes épocas en las cuales se realizó el estudio y un gran número de datos no significativos, los que nos hace pensar que hay una gran desuniformidad en cuanto a las población de estos dos insectos debido posiblemente a prácticas agronómicas realizadas en las fincas y la distribución de las precipitaciones que se observan durante el año.

Del mismo modo, se realizaron análisis individuales por tiempo de evaluación, para conocer si existieron diferencias significativas entre los sectores muestreados para las variables número de *Metamasius hemipterus* L., *Cosmopolites sordidus* G. y Porcentajes de Infestación, el análisis usado fue el método no paramétrico de KRUSKAL y WALLIS.

Obsérvese que para *Metamasius hemipterus* L. existió diferencias significativas (al 5% de significancia) sólo en los períodos de evaluación 1,12,24,25 y 26. Para *Cosmopolites sordidus* G. existió diferencias significativas (al 5% de

significancia) sólo en los períodos de evaluación 2 y 13. Mientras que el porcentaje de Infestación varió entre los sectores, en los períodos de evaluación 11,19,22 y 26. Períodos correspondientes a lluvias intensas de manera irregular en los diferentes sectores.

- En la figura 1., se establecen los promedios por sector y tiempo de evaluación de *Metamasius hemipterus* L., observados desde junio 1994 a diciembre 1995 (26 evaluaciones), en 6 sectores ubicados en el Sur del Lago de Maracaibo. Correspondiendo los mayores picos de poblaciones de este insecto en junio y noviembre 1994 y octubre, noviembre y diciembre de 1995.
- En la figura 2., se establecen los promedios por sector y tiempo de evaluación de *Cosmopolites sordidus* G., observados desde junio 1994 a diciembre 1995 (26 evaluaciones), en 6 sectores ubicados en el Sur del Lago de Maracaibo. Para este caso las mayores poblaciones de este insecto correspondieron a junio 1994 y enero 1995. En este último caso se debió a que en diciembre las precipitaciones se proyectaron hasta enero, con temperaturas bajas para el promedio de la zona.
- En la figura 3., se establecen los promedios por sector y tiempo de evaluación del Porcentaje de Infestación, observados desde junio 1994 a diciembre 1995 (26 evaluaciones), en 6 sectores ubicados en el Sur del Lago de Maracaibo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El número de *M. hemipterus* L. y de *Cosmopolites sordidus* G., variarán en el tiempo de manera diferencial de acuerdo a los sectores muestreados y el tiempo de evaluación; en el análisis de varianza se aprecia que la interacción sector y tiempo de evaluación es significativa al 1%.
- Estos números fueron altamente significativos para *M. hemipterus* L., en junio, octubre, noviembre y diciembre, que corresponden a las épocas de alta precipitación en esa región y para *Cosmopolites sordidus* G., estos números fueron altamente significativos en los meses de

junio y enero.

- Generalmente existen poblaciones altas de *M. hemipterus* L., en plantas de plátano que crecen en suelos arenosos y con deficiencia de agua y en el caso de *Cosmopolites sordidus* G., se hace muy susceptible a la deficiencia de agua en el suelo.
- Los Porcentajes de Infestación determinan al igual que para las dos especies de insectos en estudio, que la intersección sector y tiempo de evaluación es significativa al 1%, en el análisis de la varianza no paramétricos. Esto nos indica que dependiendo del sector donde se muestreo, el porcentaje de infestación variará en el tiempo de manera diferencial.

BIBLIOGRAFÍA

- Arlet R. et. all. 1984. Dinámica poblacional de *Cosmopolites sordidus* (Germar) en bananais dacuprata, grupo AAB. en Alfredo Chávez. Turrialba 34 (4) 473-480.
- Barbosa, X y A. J. Briceño. 1998. Insectos hallados durante el proceso de maduración y pudrición de los frutos de musáceas. Revista Forestal Venezolana.
- Castaño, O. 1992. Manejo de problemas en los cultivos de plátano y banano. En: II Simposio Nacional sobre control biológico en Colombia, pag. 75-96
- Castrillón A., C. 1983. Evaluación de tipos de trampas, en plátano (*Musa paradisíaca* L.) para el control de picudos. (Mechanografiado). 24 p.
- Castrillón A., C. 1986. Los picudos negro y rayado del plátano y banano. En: ICA. Informa Vol . XXI N|. 2. p. 16-21.
- INIBAP. 1999. Mobilizing IPM for sustainable banana production in Africa. Proceedings of a workshop on banana IPM held in Nelspruit, South Africa-23-28 November. E.A. Frison, C.S. Gold, E.B. Karamura and R.A. Sikora, editors.
- Lindermberg A. and M. Mesquita. 1985. Avaliação do ataque do *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Col. Curculionidae) en rizoma de bananeira. Pesquisa em Andamento N°. 21, p.1-2.
- Nardon P. et.all. 1985. Mise en evidence et étude des bactéries symbiotiques chez deux charançons parasites du bananier: *Cosmopolites sordidus* (Germar) et *Metamasius hemipterus* (L.) (Col. Curculionidae). Annls. Soc. Ent. (N.S.), 21 (3): 245-258. 24 fig. 24 réf.
- Sprent, P. 1993. Applied Non parametric Statistical Methods. Chapman & Hall. Second Edition. 342 p.
- Treverrow N. et. All. 1991. Evaluation of entomopathogenic nematodes for control of *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Col. Curculionidae), a pest of bananas in Australia. Ann.appl. Biol. 119: 139-145. Printed in Great Britain.
- Vilardebo, A. 1973. The coefficient of infestation, criterion of evaluation of the degree of attacks on the banana plantations by *Cosmopolites sordidus* (Germar), the black weevil borer of the banana plant. Fruits. Vol. 28, N. 6.

Caracterización de *Pyroderces* sp. (Lepidoptera: cosmopterigidae) en banano de Ecuador

Characterization of *Pyroderces* sp. (Lepidoptera: cosmopterigidae) in banana of Ecuador

C.M. Uquillas*

RESUMEN

La larva rosada basurera (Pink Scavenger Caterpillar) fue observada por primera vez a fines del año 1.998 en Ecuador, en la Provincia del Guayas, en flores de banano. Esta plaga es causante del escaldeo o rayaduras entre los dedos, ya que la larva sale en la noche de la flor y se desplaza hasta la fruta para mordisquearla imperceptiblemente pero deja alrededor de la lesión el excremento causado por su alimentación, que son pequeñas partículas de menos de un milímetro, muy duros que dan la apariencia de granos de arena, los que caen entre los dedos, siendo oprimidos por las dos epidermis, que con ligeros movimientos de la planta o del racimo durante el cultivo y la cosecha provocando roce o escaldadura entre los mismos. El estado pupal lo cumple ya sea en la flor o en las grietas del tallo.

ABSTRACT

The pink scavenger caterpillar was discovered for the first time at the end of 1998 in Ecuador in the Guayas Province, in banana flowers. This pest is the cause of scalding and scratches between fingers since the caterpillar comes out of the flower and reaches the fruit to bite it almost imperceptibly leaving the excrement caused by feeding around the wound in minute particles less than a millimeter in size, these are very hard and appear like sand grains falling between the fingers, pressed by both sides which with the slight plant or cluster movement during crop growth and harvest elicit friction or scalding between same. The state cocoon reached be it in the flower or crevices of the stalk.

I

INTRODUCCION

Distribución

Según el instituto ICRISAT (4) Sahelion Center en Niamey, Nigeria anota las siguientes regiones de incidencia de éste Lepidoptero, distribuida en Africa e India (Heal caterpillar) de la Familia Cosmopterygidae, menciona a las especies *Pyroderces* sp, y *Sathrobota simplex* Walsingham [= *Pyroderces simplex*].

Dreniere (1970) menciona a *Pyroderces hemizopa* Ryrick como la oruga más importante en el cultivo de sorgo al Oeste de Africa.

Pyroderces hemizopa. Se ha reportado en panículas de sorgo en el Norte de Camerum (Decamps 1954), mientras *P.simplex* (Walsingham)

se reportó en Senegal (Apoert 1957).

El complejo de orugas en el cultivo de sorgo se estudió en Camerum por Noveiller (1969), quién reportó *Salebria mesozonella* Bradley sumado a *Pyroderces hemizopa*. Acentuando la correlación entre panículas duras e infestación por orugas.

Alali Sharma (1985) reportó *Pyroderces* sp. En granos de sorgo muerto en Kamboinsé (Burkina Faso) en 1986, donde encontró *Pyroderces simplex*.

King y Saunders (5) mencionan a *Sathrobota rileyi* (Walsm)(=*Pyroderces rileyi*) de la Familia Cosmopterygidae como gusano rosado del maíz o gusano basurero. Y su distribución en el Sureste de los Estados Unidos, México, El Salvador, Honduras y El Caribe, en huéspedes: sorgo, maíz, ají ,

* Corporacion Noboa. PO Box 0901529, Guayaquil, Ecuador . Tel: (593) 04 2580930; Fax: (593) 04 2444093; E-mail: Carlos_Uquillas@bonita.com

algodón, almendras y otras frutas.

Pyroderces sp. se presentó en el mes de Octubre de 1998 en el Sector Puerto Inca detectándose al año siguiente en el mes de Febrero en el Sector Naranjito-Bucay de la Provincia del Guayas. Para el mes de Agosto de 1999 en toda la Provincia de Los Rios con la misma incidencia e infestaciones fuertes al racimo. La presencia en la Provincia de El Oro fue menor y la incidencia de infestación muy leve, pero distribuida en todos los Sectores.

La presencia de ésta nueva plaga en el cultivo de banano en el Ecuador se suma ya al sin número de problemas fitosanitarios, lo que conllevará a tomar acciones en mejora de la protección de la fruta.

La única información que se tiene de *Pyroderces sp.* en banano está limitada a su detección en la Isla de Jamaica (HENRRY, 2000) en éste cultivo, aunque existe suficientes datos en otros cultivos graminícolas y frutales.

Caraterización

Según Segura (7) éste grupo de insectos *Pococera atramentalis* Lederer, *Dichomeris spp.* y *Sathrobrotia rileyi*, pueden aparecer en el cultivo de sorgo desde que el grano está en leche y permanecer hasta el final de la cosecha. Las larvas de *Pococera* son nerviosas, color pardo y con cuatro líneas dorsales y longitudinales de color café, recién nacidas penetran en el grano, consumiendo parte de él, dejando la cutícula; luego salen para buscar otros granos y van fabricando una telaraña a la cual adhieren partículas de grano y excrementos que sirven de refugio y lugar para empupar.

Edit. Albatros (1) la describe como la "polilla rosada", "rasurera caterpillar". La larva *Sathrobrotia rileyi* es una polilla pequeña, de color rosada con una cabeza marrón pálido, torax en forma de escudo y longitud 7,94 mm. La polilla que se desarrolla a partir de ésta larva es más pequeña que *Angoumois*, con una expansión alar de 12,5 mm. Las Alas delanteras están surcadas con bandas y jaspeadas con amarillo, marrón, rojizo y negro. Sus alas posteriores son de color gris pálido, muy delgadas y sus bordes terminan en una especie de patas o dedos.

El ciclo de vida y metamorfosis de ésta polilla es idéntico a la de la *Angoumois*. "Polilla del grano" *Angoumois Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae). En condiciones normales cada hem-

bra pone un promedio de 40 huevos, pero si las condiciones son más favorables ponen hasta 389 huevos.

En éste período desde el estado de huevo hasta adulto generalmente dura unas 5 semanas, aunque a veces éste ciclo es más corto.

King y Saunders (5) mencionan a *Sathrobrotia rileyi* (Walsm)(=*Pyroderces rileyi*) de la Familia *Cosmopterigidae* cuya larva es rosado pálido, translúcida de 6-8 mm cuando está completamente desarrollada. Se alimenta en las semillas que están madurando o secas en la panícula del sorgo, tejiéndolo con seda y un excremento rosado. También se alimenta de la flor del maíz, empupa en la planta y a menudo dentro de una semilla. El adulto tiene una envergadura de 10 mm; alas delanteras de color naranja, el segundo par de alas gris pálido, con un fleco de pelos largos a lo largo de los márgenes posteriores, en ambos pares.

Según Margheritis-Rizzo (6) la Familia *Lavernidae* (= *Cosmopterigidae*) al igual que *Gelechiidae* pertenecen a la Superfamilia *Gelechioidea*, que caracteriza a las polillas con alas anteriores lanceoladas, estrechas y de colores llamativos en numerosas especies; alas posteriores muy estrechas, antenas largas; la espirotrompa puede estar o no bien desarrollada, palpos labiales curvados hacia arriba, divergentes y de mayor longitud que la cabeza; palpos maxilares ausentes o rudimentarios. Pueden o no presentar ocelos.

Pyroderces rileyi Walsingham puede confundirse fácilmente con la "lagarta rosada del algodone-ro", *Platyedra gossypiella*, ya que su color es rosado y suele encontrársela en capullos de algodón alcanzando su total desarrollo, es algo más breve y de movimiento más rápido que la verdadera "lagarta rosada". La observación microscópica es la que permite una segura diferenciación.

No es específica del algodone-ro, ya que se la puede encontrar atacando otros vegetales. El adulto es una polilla algo más pequeña que *Platyedra gossypiella*. De color ocráceo-amarillento, presentando unas manchas de color pardo en el primer par de alas.

Daños

Aunque no se han estudiado niveles, 10 larvas de éstas plagas por panoja de sorgo pueden causar daño económico.

Estos insectos también han sido reportados ata-

cando los estigmas y granos de la mazorca del maíz. Aunque algunos autores sostienen que los daños no son económicos, otros han encontrado mermas en la producción del 10 al 15%. En trabajos realizados en el Valle del Cauca se encontró que los insectos de la mazorca dañaron un promedio de 11 a 25 granos en las fincas evaluadas (SEGURA, 1989).

Sathrobrotia rileyi es común en Sudamérica y causa considerables daños, tanto en los campos como en los distintos depósitos de granos. Es una plaga muy temida en los embarques de grano al granel (EDIT.ALBATROS, 1982).

Las larvas de *Pyroderces rileyi* se alimentan de sorgo maduro y de las flores del maíz. Cuando se vea telaraña y excrementos en las panojas del cultivo maduro o cuando haya un promedio de 5 o más larvas por panoja se debe hacer control (KING-SAUNDERS, 1984).

Existe un complejo de insectos de las panojas en sorgo, que hoy se podría decir que los problemas empiezan verdaderamente con éste gran complejo de la panoja encabezado por la mosca del ovario; a la cual se suman después de la formación del grano, masticadores importantes como *Dichomeris atramentalis* y *Sathrobrotia rileyi* cuyas larvas puede dañar 21 granos (ICA, 1996).

Pyroderces sp. ovoposita en las flores del racimo de banano, al eclosionar sus larvitas comienzan a alimentarse de las mismas; en horas de la noche se desplazan hasta la fruta para mordisquear levemente su epidermis, dejando sus característicos gránulos de excremento en el sitio donde se ha alimentado, adheridos con una seda excretada.

En consecuencia es necesario ahondar las investigaciones en éste tema específico para determinar su importancia económica y merma de producción al tener negativas de aceptación en los mercados de consumo por su mala presentación y calidad.

Establecida la importancia de éste insecto plaga se trazaron los siguientes objetivos:

- Caracterización y descripción del insecto
- Distribución en el Litoral ecuatoriano

MATERIALES Y MÉTODOS

El 7 de Junio de 1999 se recibió contestación del Ing. Marco A. Toapanta del Departamento de Entomología de la Universidad de Florida, a quién se le entregó los especímenes adultos del insecto

en Ecuador para su identificación en el Museo de Washington, respondiendo que se trataba de un Micro Lepidoptero de la Familia Cosmopterigidae, indicando además que se trataba de un insecto que se alimenta de diversas partes del tejido tanto fresco como en proceso de daño, lo que se llama "Scavenger". Una vez determinada la Familia se investigó su Género y se envió al mismo Museo en Noviembre del 2001 para que nos indiquen la especie existente en Ecuador.

Para observar su distribución en el Litoral ecuatoriano se revisaron 14.835 racimos de banano en las zonas más importantes (Variedad Cavendish) durante los años 1998 al 2001 (cuadro 1) donde se detectaba su presencia, lo que se hizo tanto en el campo con racimos colgados de las matas (diferentes edades fisiológicas) debidamente enfundados, como también en las empacadoras de proceso de fruta.

El estudio de disección se lo efectuó en el Laboratorio de Entomología de la Estación Experimental Boliche (Provincia del Guayas) perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en el mes de Agosto del 2001. Para realizar el trabajo de caracterización del insecto, se recolectaron en el campo 50 larvas y 100 pupas, las que se guardó a temperatura ambiente para que eclosionen y de lugar a la salida de adultos con sus partes morfológicas completas, especímenes que fueron trasladados al Laboratorio. La característica de sus hábitos y daños se la visualizo en el campo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización

Esta plaga fue descrita en el cultivo de banano por primera vez en la Isla de Jamaica a inicios de 1990 por J.Dixon en flores de banano describiéndola como la "Oruga Rosada Basurera", e identificada como *Pyroderces rileyi* Walsingham (Lepidoptera: Cosmopterigidae)(HENRRY D.C, 2000).

Al comparar la morfología externa con las descripciones que hacen A. KING, J. SAUNDERS, EDITORIAL ALBATROS, E. MARGHERITIS Y H. RIZZO coinciden con los encontrados por el autor de éste trabajo.

Cuadro 1. Racimos revisados por Provincia y Cantones de las Zonas bananeras más importantes del Ecuador.

Provincias	Racimos	Campo	Empacadora
1 Guayas	4.820	230	4.590
2 Los Ríos	4.970	270	4.700
3 El Oro	4.270	220	4.050
4 Cañar	425	125	300
5 Azuay	350	100	250
TOTAL	14.835	945	13.890
1 Naranjal, Tenguel, Balao, El Triunfo, Naranjito, Bucay, Jujan, El Elpalme.			
2 Montalvo, Babahoyo, Pueblo Viejo, Ricaurte, Ventanas, Vinces, Quevedo.			
3 El Guabo, Machala, Pasaje, Santa Rosa, Arenillas.			
4 La Troncal.			
5 Camilo Ponce.			

Descripción del Insecto

El estado larval puede medir de 4.2 a 5.2 milímetros (cuadro 2), su cuerpo cuenta con 12 anillos o urómeros y presentan 3 pares de espuripedios (patas torácicas), se nota del sexto al noveno anillo 4 pares de patas falsas que poseen ventosas con 12 ganchos adhesivos "crochets" formando círculo.

Las patas torácicas tienen una coxa muy pegada notándose muy bien el fémur, tibia, tarso que termina en uña de 2 puntas (una casi imperceptible). En la parte interior del área dorsal, esto es en el décimo y onceavo anillo presentan espuripedios casi imperceptibles.

La cabeza da ha notar una sutura epicraneana que divide en dos partes iguales la región superior, otra sutura adfrontal que limita el esclerito, rodeada por 12 células y un par de antenas.

En la parte anal presenta un par de espuripedios bien formados y muy notorios rodeada por doce células. Desde el cuarto al doceavo anillo se observan centro-lateralmente 3 células, no siendo igual en los tres primeros donde observamos 5 células a ambos lados de cada anillo.

En el estado pupal observando la parte inferior podemos apreciar el cremaster (organo de fijación), presenta forma de X rodeada de un círculo, el que se encarga de excretar una sustancia que une la pupa al tejido (ver dibujo A). La pupa la podemos observar desnuda, sin protección de cedas o hilares. Las pupas son de color amarillo y miden

3.2 mm (cuadro 2).

El estado adulto presenta en su cabeza un par de antenas filiformes de 23 artejos, volteadas hacia atrás en reposo, ocelos ausentes, palpos labiales de 4 artejos desarrollados y encorvados hacia arriba, los cuartos segmentos de palpos labiales puntiagudos, palpos maxilares doblados sobre la base de proboscide o espirotrompa escamosa la cual es mediana en relación a su cabeza.

Alas lanceoladas, con ápice de contorno, nervadura en horquilla aproximadas en la base, nervaduras alares desiguales entre sí en par de alas distintas. Alas anteriores (AA) usualmente lineales; con venación reducida y sin engrosamiento. Envergadura alar de 8.5 mm (cuadro 2), alas superiores anchas, cortas y punteagudas, alas posteriores estrechas, más largas que las anteriores y punteagudas.

Las patas presentan estrígil (saliencia terminal), epífisis bien desarrollado y en la mitad de la tibia 2 espuelas tibiales. Los tarsos son pentámeros o con 5 artejos, los pretarsos se presentan con uñas.

El abdomen está compuesto por 10 urómeros en forma cónica, los que poseen conjuntos de pelos. En los machos el último urómero forma una armadura genital. En la hembra no es esclerosado y el sexo se halla soldado al décimo (10) urómero, hallándose la desembocadura del oviducto en el noveno (9) urómero.

Las hembras depositan sus huevos escondiéndolos sutilmente en las flores aún no deshidratadas de la fruta, donde generalmente dejan 1 o 2 por "dedo".

Cuadro 2. Medidas de longitud (mm) en 3 Estados de *Pyroderces* sp. en Ecuador

Estado	mm
Larva	4.2 – 5.2
Pupa	3.2
Adulto	8.5 *

*Alas extendidas

Distribución en el litoral ecuatoriano

A las 6 o 7 semanas de edad fisiológica de la fruta ya se pueden apreciar larvitas en sus últimos estadios y estados pupales.

Los controles indirectos para que la infestación al racimo disminuya se obtiene con el desflore del mismo a la segunda semana de edad de la fruta, lo que evita en un 80% que *Pyroderces sp.* Llegue a ovopositar y deje escondidos sus huevos en la flor, ya que ni el enfunde temprano del racimo, ni el tamaño de las perforaciones que permiten la circulación de aire, ni el amarre en la parte inferior del racimo enfundado, ni la repelencia del químico clorpirifos han logrado alejar o no dejar entrar el insecto para su alojamiento y daño.

Es importante no devolver raquis o tallos enteros al campo de plantaciones infestadas ya que de esa forma se devuelve el insecto al campo en estado pupal, que eclosionará en el mismo en pocos días más. Aunque la mayoría de las pupas ya han eclosionado dentro del racimo que aún no se cosecha, pero se pueden observar pupas no eclosionadas en un 5% de la infestación inicial.

Si la fruta es desflorada en el patio de racimos, las flores recolectadas deberán ser colocadas en tanques o tambores cerrados con malla metálica, no descartando que las pupas adheridas se encuentren parasitadas, para labor adicional de recuperación del parásito.

Esta plaga agrícola entró a nuestro País de otras latitudes en alguna gramínea de importación y se estableció fácilmente al no contar con agentes naturales de control.

CONCLUSIONES

- * Se caracterizó a *Pyroderces sp.* en el Museo de Wasington, verificando su Familia.
- * *Pyroderces sp.* está distribuída en tres Provincias del Guayas, Los Ríos y El Oro en el Litoral ecuatoriano, causando el 98.6% de infestación en Guayas, 99% en Los Ríos, y 37% en el Oro, además en la parte tropical de dos Provincias de la Sierra, causando el 98.5 % en Cañar y el 40% de infestación en Azuay.

RECONOCIMIENTOS

El mejor de los reconocimientos a la Ing. Myrian Arias Entomólogo de la Estación Experimental Boliche del INIAP, a los asistentes de campo Ings. Juan Castro, Francisco Freire, Nelson Espinoza y al Sr. Sergio Pérez de la Corporación Noboa.

LITERATURA CITADA

1. ALBATROS Editorial, 1982. El Sorgo, Argentina
2. HENRRY D.C, 2000. Resúmenes ACORBAT. Monitoreo de la Población de *Pyroderces rileyi* Walsingham en Banano. Jamaica. p. 88.
3. ICA, 1996. Instituto Colombiano Agropecuario. Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades en Maíz y Sorgo.
4. ICRISAT, 1993. Sahelion Center. Panicle Insect Pest of Sorghum and pearl millet. Niamey, Niger.
5. KING A.B.S.-SAUNDERS J.L, 1984. Las Plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. Tropical Development and Research Institute (TDRI)-Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)
6. MARGHERITIS A.E-RIZZO H.F.E, 1965. Lepidópteros de Interés Agrícola. Edit. Sud-americana. pp. 23-48.
7. SEGURA F, 1989. Control Biológico en Colombia, Historia-Avances-Proyecciones. I Simposio Nacional sobre el Control Biológico en Colombia. Guía para el manejo de insectos plagas en sorgo y maíz. pp. 117-118.

Cuadro 3. Distribución de *Pyroderces sp.* En las diversas zonas bananeras más importantes del Ecuador y su grado de infestación en racimos de campo y empacadora.

Provincia	Racimos Chequeados	Racimos Infestados	%	Grado de Infestación
Guayas	4.820	4.752	98.6	S evero **
Los Ríos	4.970	4.930	99	S evero **
El Oro	4.270	1.580	37	L eve *
Cañar	425	418	98.5	Severo **
Azuay	350	140	40	L eve *

* Menos de 35% de infestación al racimo

** Más del 70% de infestación al racimo

Ciclo de vida del lepidoptero (*Opsiphanes tamarindi*) criado en laboratorio y el consumo de follaje en sus diversos instares

Cycle of lepidoptera life (*Opsiphanes tamarindi*) raised in laboratory and the consumption of leaf in different stages

C.M. Uquillas

RESUMEN

En el Ecuador nunca se había hecho un estudio sobre éste tema para determinar muchos aspectos de vida, costumbres y daño de ésta plaga en el cultivo de banano, en éste estudio se da a conocer muchos aspectos interesantes que servirán para manejar la plaga de una forma más objetiva y dirigirse para su mejor control donde ella prefiere estar y en que momento pasan a un umbral económico de daño y realizar el control que amerite.

Una larva de *Opsiphanes t.* puede consumir durante todos sus estados un total de 1606.7 cm² de área foliar. Durante sus dos primeros estadios el daño que causa no excede el 17% del daño total, lo que nos muestra que ésta plaga causa mayor daño (83%) en sus 3 últimos estadios, especialmente en el quinto (5) que consume un promedio de 628.3 cm² de hoja, lo que representa el 39.1% del total consumido. En conclusión la larva de *Opsiphanes t.* A partir del décimo quinto (15) día de eclosión del huevo hasta su último instar causa el mayor daño a la hoja.

ABSTRACT

In Ecuador never had been made an investigation about this topic to determinate several aspects of life, habits and damage of this pests in the cultivation of banana. This investigation gives to know interesting aspects that will help to manage the pest of a most objective form and supervise for a better control where it prefers to be and in what moment will go to an economic threshold of damage and make the necessary control.

A larvae of *Opsiphanes t.* can consume during all its stages a total of 1606.7 cm² of leaf area. During its first two stages the harm it causes does not exceed 17% of total damage, which shows this pest causes the most damage (83%) in its last 3 stages, especially in the fifth (5) in which it consumes an average of 628.3 cm² of leaf which represents 39.1% of the consumed total. In conclusion, the *Opsiphanes t.* larvae, from the fifteenth day (15) of the egg eclosion until its last instar causes the greatest damage to the leaf.

I

INTRODUCCION

En éste País ha sido poco frecuente un ataque de *Opsiphanes t.* (Vaquita verde), la naturaleza se ha encargado de su control, según datos proporcionados por técnicos fitosanitarios y años anteriores no se ha visto ataques severos.

En los últimos años se ha visto en diversos sectores bananeros del Ecuador alrededor de 6 y 7 larvas por hoja en los casos más extremos, pero generalmente un promedio de una larva por hoja (regiones con 12 a 15 larvas por planta) en donde

se han montado varias generaciones, tal parece que ha habido un desequilibrio en el medio ambiente, por el mal uso de los pesticidas. El control biológico natural a través de los años ha bajado su acción y no se restablece fácilmente hasta ahora.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron tachos plásticos, pañuelos de tul, ligas, jaulas de hierro, toldos para jaulas, balanza de gramos y miligramos, tijeras, agua destilada.

* Corporación Noboa. PO Box 0901529, Guayaquil, Ecuador. Tel: (593) 04 2342116; Fax: (593) 04 2444093; E-mail: Carlos_Uquillas@bonita.com

Datos tomados

A. Diferencia de peso diario en cada muestra

Este dato sirvió para determinar cuántos centímetros cuadrados consumen las larvas en cada uno de sus estadíos y obtener porcentajes del mayor consumo para establecer umbrales de daño.

Datos tomados de 20 individuos (tabla # 1), una sola larva de *Opsiphanes t.* puede consumir durante todos sus estados un total de 1.606.7 centímetros cuadrados de área foliar. Durante sus dos primeros estadíos el daño que causa no excede el 17% del daño total, lo que nos muestra que ésta plaga causa el mayor daño (83%) en sus tres últimos estadíos, especialmente en el quinto (5) que consume un promedio de 628.3 centímetros cuadrados de hoja, lo que representa el 39.1% del total consumido. En conclusión la larva de *Opsiphanes t.* a partir del décimo quinto día (15) de eclosión del huevo hasta su último instar causa el mayor daño a la hoja.

B. Longitud larval

La longitud larval en cada uno de sus estadíos (tabla # 1) nos da una mejor idea sumamente significativa cuando observamos una larva y por su longitud podemos identificarla. Se partió por todos los huevos que eran ovopositados (180 huevos), de donde se sacó una mínima, una máxima y un promedio.

C. Duración de cada Instar

Desde los primeros huevos obtenidos en el laboratorio se comenzó a tomar datos, se partió de insectos adultos, donde chequeamos su ciclo de vida, cuántos huevos ovopositaban cada una de ellas, durante qué tiempo, cuánto demoraban los huevos en eclosionar, cuyas larvas fueron alimentadas a diario para observar los cambios hasta cuando fueron adultos. También se tomó datos de longitud del estado pupal, así también del diámetro alar de los adultos (tabla # 1).

D. Identificación de adultos

Cada vez que eclosionaban las pupas separadas en tres jaulas distintas, se tomaba el adulto y se lo marcaba con pintura en las distintas partes de sus cuatro patas traseras y se anotaba esa identificación con fecha y que al terminar su ciclo de vida

se observaba donde había sido marcada y se relacionaban fechas para sacar diferencias y así determinar su ciclo vital. (tabla # 1).

E. Distribución de la plaga en la planta

Se tomó como muestra cuatro sectores de la hacienda "Clementina" (Prov. De Los Ríos) en donde se hacían los chequeos semanales, se muestrearon 327 matas por emitir racimo y 272 hijos de matas separadas, donde se tomaron datos como: promedios de hojas por mata según el sector, ubicación de larvas mayores y menores de una pulgada en las distintas hojas y en qué cantidad en los hijos, preferencia del agente parasitoide por escoger larvas entre las matas por emitir racimo y los hijos de matas con racimo, ovoposiciones tanto en las distintas hojas como en los hijos, parasitismo en huevos, cantidad de pupas en las distintas hojas y en los hijos, preferencia de escoger las larvas, las distintas hojas para pupar, preferencia del parasitismo por escoger pupas de matas por emitir racimo o hijos, porcentajes comparativos y preferencia de alojamiento de larvas entre matas por emitir racimo e hijos y entre hojas de la misma planta, aumento o disminución del porcentaje de parasitismo relacionados por etapas mensuales.

MÉTODOS

Primero se recolectaron huevos del insecto en la plantación bananera, se los llevó al laboratorio para que eclosionen y darles alimento a diario, una vez que fueron adultos se los alimentó a base de azúcares y agua destilada. Se pesó la comida diaria en una balanza de gramos y miligramos, se sacó diferencia de peso por consumo de material vegetativo. Se colocó una larva por tacho, treinta (30) pupas por jaula y veinte (20) adultos por jaula aparte para así evitar competencia por alimento. También se midió el tamaño de los huevos después de haber sido ovopositados en el laboratorio, las larvas fueron medidas al nacer y cada vez que mudaron de piel hasta finalizar su ciclo. El consumo de follaje se determinó mediante conversión de peso a superficie, el alimento se cambió a diario por motivo de deshidratación y se dio un rango de pérdida de agua. Se anotó el área foliar consumida por el día y por el instar para así determinar una vez que completasen su ciclo, el área foliar que consumen en su etapa larval. Una vez que puparon y se transformaron en adultos también se anotó el

número de días que tardaron en eclosionar y que vivieron su último estado.

El método usado para chequear hojas e hijos en el campo fue semanalmente con un sector a la vez, así cada ocasión que regresábamos a éste podíamos ver el cambio, se observaron 327 matas por emitir racimo, donde se cortaban simultáneamente una hoja por planta hasta llegar a la séptima (7), contando de arriba hacia abajo y desde la octava (8) hasta la décimo cuarta (14) chequeábamos desde el suelo, los hijos que se escogieron para muestreo fueron de matas con racimo pronto a cosecharse, donde el chequeo fue a simple vista desde el suelo.

El área de muestreo en cada sector fue de cincuenta (50) hectáreas, en dos repeticiones semanales el mismo día, con recorrido en “zig-zag” por un cable vía de ida y a doscientos (200) metros paralelos de regreso por otro cable con distancias de un (1) kilómetro de recorrido cada uno.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al partir de las ovoposiciones se obtuvieron resultados de postura que oscilaron entre 8.2 y 63.6 huevos por mariposa aisladas en grupos de veinte (20) individuos tomando en cuenta cuatro (4) repeticiones, observando una vez muertas que en sus ovarios esperaban entre seis (6) y veinticinco (25) huevos ser fertilizados y ovopositados, para identificar hembras de machos estudiamos sus diferencias morfológicas, observando que las hembras tienen los ojos rayados color claro mientras que los machos son cafés oscuros sin rayas, solo las puntuaciones o facetas. La mayor ovoposición se observó desde los doce (12) a dieciocho (18) días de vida de los adultos, con porcentajes que fluctuaron de 13.4 a 38.4%. Se observó que una vez que eclosionan los huevos las larvas son muy susceptibles al manipuleo y demás factores que limitan su crecimiento y su desarrollo, la misma situación observamos en el campo, la presencia del parasitismo por escoger larvas menores tanto en matas por emitir racimo como en los hijos, con preferencia en los primeros y el daño al follaje en ese momento no es significativo, 3.5% (tabla # 2), esto ocurre hasta los ocho (8) días de edad de la larva, con su mayor permanencia en la tercera (3) hoja, después de éste instar la larva sobreviviente va a consumir un 12.6% más del área foliar y se va a ubicar preferentemente desde la octava (8)

hasta la última hoja de la planta, con mayor preferencia entre todas éstas en la novena (9) y con mayor preferencia aún en los hijos de matas con racimo hasta en un 84%, de aquí en adelante, osea desde el tercer (3) instar, una larva es capaz de consumir el 20% del total de su dieta que sumado a lo consumido en los dos instares anteriores, se convierte el problema de defoliación en 36% del total a consumir. En los dos últimos estadíos la larva de *Opsiphanes t.* consume el 63.8% de su costumbre alimenticia (tabla # 2), lo que en centímetros cuadrados significa que en el primer y segundo estadío 258.8 centímetros, en el tercero 322.5 centímetros y en los dos últimos 1.025 centímetros cuadrados, todo esto nos da una mejor idea de la plaga y su daño.

Una vez que terminaron su ciclo larvario demostraron preferencia por pupar en la décimo tercer (13) hoja de las matas por emitir racimo, pero con mayor preferencia aún por los hijos.

La preferencia del control biológico natural fue reflejado de igual forma tanto en matas por emitir racimo, como en los hijos de matas con racimo.

Para denotar diferencias se recolectaron pupas de *Opsiphanes t.* en la plantación y otras se obtuvieron en el laboratorio, al eclosionar ambas: las primeras promediaron 30.5 días de diapausa, con un máximo de 48 días y las segundas promediaron 18 días, con un máximo de 32 (tabla # 1), con respecto a la longitud alar, no hubo cambios significativos.

CONCLUSIÓN

Una larva es capaz de consumir 1.606.7 centímetros cuadrados en toda su etapa, haciendo el mayor daño foliar a partir del tercer (3) instar desde donde consume el 83% de la cantidad antes anotada, que es donde se ejercería un control en caso necesario según los conteos de larvas por hoja y su parasitismo, que antes de ocurrir esto ellas prefieren alojarse en la décimo primer (11) hoja, seguida de la novena (9), pero su preferencia aún la demuestran por los hijos de matas con racimo, que al pupar demuestran la misma preferencia, mencionando también que en las matas por emitir racimo lo hacen desde la novena (9) hasta la décimo tercer (13) hoja.

Con relación a larvas parasitadas en matas por emitir racimo y en hijos se observó mayor parasitismo en los primeros, lo que nos indica que al haber mayor índice de larvas en los hijos es aquí

donde ocurrirá el menor parasitismo, es entonces en éstos últimos donde se deben de dirigir los diversos tipos de controles.

Con relación al parasitismo sobre la pupas tanto en las hojas como en los hijos se observó iguales porcentajes. Algún tipo de control debe de ser dirigido a ambos.

Así cualquier control que se ejerza en la mata de banano para *Opsiphanes t.* sobre larvas mayores y menores de un centímetro no parasitadas, serán dirigidas en el caso de las primeras a las hojas bajas partiendo desde la octava (8) con preferencia en la novena (9) y en el caso de las menores a un centímetro no parasitadas el control deberá hacerse en la tercera hoja (3) con preferencia.

La adaptación de ésta plaga es buena a pesar de

condiciones adversas de clima, como: fuertes lluvias, vientos y tormentas eléctricas y las migraciones están dadas en base a la recuperación del parasitismo en determinados sectores de donde salen en estado adulto a realizar posturas en otras zonas.

RECONOCIMIENTO

El mejor de los reconocimientos a mis asistentes de campo y laboratorio señores Luís Hernández y Efrén Barco, Supervisores Fitosanitarios de la Hacienda Clementina. Y al Ing. Agr. Nelson Espinoza Supervisor de Bananera Noboa.

LITERATURA CITADA

B. EDNUNSON and P. JORDAN SOTO, 83. *Opsiphanes t.* Historia de vida y cría en laboratorio. Puerto Armuelles, Panamá.

TABLA 1.

Historia de vida del Lepidoptero (*Opsiphanes tamarindi*), criado en laboratorio y el consumo foliar en varios instares.

Estado	Duración de Estado (días)			Área foliar consumida (cm ²)			#
	Min	Max	Promedio	Min	Max	Promedio	
Huevo	5	11	7.8	2.5	1.0		
Primer Estado	3	8	5.7	12		1.115	10.105
Segundo Estado	5	10	8.1	20		10.402	54.685
Tercer Estado	3	29	9.3	31		7.133	151.869
Cuarto Estado	4	17	9.1	53		10.699	85.891
Quinto Estado	10	24	13.5	130		50.821	70.480
Pupa	12	17	14.1	35	26		
Adulto	9	32	18.0	11.5	10.2+		20

++ alas extendidas

+ largo del estado de insecto.

Ing. Agr. Carlos Uquillas S
Corporación Noboa
Prov. De Los Ríos - Ecuador
2.000-2.001

TABLA 2

Área foliar consumida por larvas de *Opsiphanes t.* En sus diferentes estados.

Estado de Desarrollo	Área foliar consumida (cm ²)	% que significa
Primer Instar	56.23	3.5
Segundo Instar	202.56	12.6
Tercer Instar	322.46	20.1
Cuarto Instar	397.17	24.7
Quinto Instar	628.30	39.1
TOTAL	1606.7	100.0

TABLA 3

Superficie en porcentajes que consume una larva de Opsiphanes t Considerando 12.168 cm². Como área foliar total de una planta de banano.

Estado de Desarrollo	Área foliar consumida (cm ²)	Porcentaje de consumo
Primer Instar	56.23	0.46
Segundo Instar	202.56	1.70
Tercer Instar	322.46	2.60
Cuarto Instar	397.17	3.26
Quinto Instar	628.30	5.16
TOTAL	1.606.7	% 13.2

Empleo de la funda Agriban, para la protección de racimos en el cultivo de banano (*Musa* spp.)

Use of the Agriban, bag for the protection of clusters of bananas (*Musa* spp.)

L. Tazán*

RESUMEN

Se evaluó los efectos del empleo de fundas AGRIBAN, confeccionadas con tela no tejida a base de polipropileno, en plantaciones bananeras de Ecuador, en los sectores Naranjal y Pasaje, en Honduras por la FHIA (Federación Hondureña de Investigación Agrícola) y en Costa Rica por CORBANA (Corporación Bananera Nacional), anudadas en ambos extremos, superior e inferior, versus las convencionales (polietileno perforadas y tratadas con clorpirifos) en la protección de los frutos al daño ocasionado plagas y enfermedades, y también en la calidad de los frutos en ambas condiciones de protección, para lo cual se tomaron registros de: peso bruto; peso del raquis; número de manos y dedos presentes; calibre y longitud de los dedos medios del lado expuesto de las manos segunda basal, media y apical; peso de fruta rechazada por defectos, y evaluación de calidad de fruta a la cosecha de los racimos. Los resultados obtenidos indicaron protección total contra daños de *Colaspis* spp., e incremento en peso de los frutos en valores fluctuantes entre el 10% y el 12%, así como la obtención de una mejor calidad de fruta en los racimos protegidos con fundas AGRIBAN,.

ABSTRACT

The use of the AGRIBAN, bags was evaluated. The bags are made of non-woven material with a polypropylene base, on banana plantations in Ecuador, specifically in the Naranjal and Pasaje sectors, in Honduras by the FHIA (Federación Hondureña de Investigación Agrícola) and in Costa Rica by CORBANA (Corporación Bananera Nacional) (National Banana Corporation). The bags were tied at both ends, top and bottom, versus the conventional bags (perforated polyethylene and treated with clorpirifos) for the protection of the fruit against occasional damage by diseases and pests, and also for the quality of the fruit in both conditions of protection, for which the following information was determined: gross weight, weight of the stalk, number of hands and fingers present, caliber and length of the median fingers on the exposed side of the hands second basal, median and apical; weight of the fruit that has been rejected due to damage/defects and evaluation of the quality of the fruit on the clusters. The results obtained indicate a total protection against *Colaspis*, an increase in the weight of the fruit that fluctuated between 10% and 12%, as well as obtaining a better quality in the fruit on the branch that had been protected by the AGRIBAN, bags.

I

INTRODUCCION

La producción bananera a escala general, es seriamente afectada por el ataque del coleóptero *Colaspis submetallica* a los racimos de banano, ataque que se inicia con el desprendimiento de las brácteas que cubren las manos de los racimos. En muchos periodos del año especialmente en la zona sur del Ecuador (provincia de El Oro) el ataque es de tal intensidad que pueden presentarse en más del 50 % de los frutos, afectando seriamente la economía de la producción. El procedimiento tradicional de control ha sido el empleo de las llama-

das "fundas tratadas", denominación que se da a la funda de polietileno impregnada con *Clorpirifos*. Generalmente se refuerza este tratamiento con la inclusión de uno o dos "corbatines" que no son otra cosa que cintas de polietileno impregnadas con el insecticida y que se anudan en las partes superior e inferior del raquis del racimo. Otros insecticidas han sido ensayados pero su uso espera la aprobación del EPA. La protección contra el ataque de *Colaspis* sp. que se obtiene es de resultados irregulares por la heterogeneidad en la calidad de la confección de las fundas, hecha en muchas ocasiones en el ámbito doméstico y con espesores

* Bonlam Andina Ltda., Apartado Aéreo 30018, Cali, Valle, Colombia. Tel: (57-2) 280 1228; Fax: (57-2) 280 1122.

demasiado delgados, por abaratamiento de costos, por lo que es frecuente la rotura de las fundas y con ello la pérdida de protección a los frutos.

Además, la tendencia marcada al incremento de exportación de bananos procedentes de fincas con programas de “producción orgánica” a diferentes niveles, se ve obstaculizada en su certificación por el empleo de las “fundas tratadas”. Estudiar las posibilidades del empleo de las fundas AGRIBAN, en la protección de los frutos contra daños ocasionados por este insecto y por otros agentes y, además, determinar posibles efectos del empleo de este material en el desarrollo de los frutos, por la condición especial del microclima al interior de la funda por mantener mayores condiciones de temperatura y de aireación. Con los objetivos señalados se realizó dos ensayos, uno en la finca Santa Rosario sector Pasaje, provincia de El Oro, caracterizado por la alta presencia de *Colaspis sp.* en las plantaciones de banano. El otro ensayo realizado en la finca Cañas, sector Naranjal perseguía determinar el efecto de los tratamientos en el desarrollo de los frutos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Plantaciones bananeras sembradas con el cultivar Gran Enano de 5 años de edad y con densidades de 1600 plantas por hectárea.

Fundas para protección de racimo de polietileno de 6 milésimos de espesor impregnadas con el insecticida *Clorpirifos* del tipo “pin hole” (perforaciones de 3 mm de diámetro cada 12.5 milímetros).

Cintas de polietileno impregnadas con *Clorpirifos* para anudar en el raquis del racimo.

Funda AGRIBAN,, confeccionada con tela no tejida hecha a base de polipropileno, sin perforaciones.

Métodos

En el ensayo se realizaron los siguientes tratamientos:

1. Testigo: Uso de la funda convencional tratada con *Clorpirifos* al 1% y colocación de “corbatines” en el raquis.
2. Empleo de la funda AGRIBAN,.

Ambos tratamientos se aplicaron en 50 racimos de banano en la misma semana.

Proceso Experimental

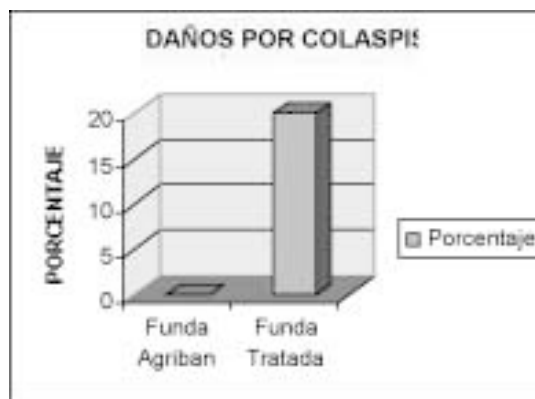
En ambos tratamientos se aplicó el denominado “enfunde temprano”, es decir cuando el bohordo floral o “bellota” se inclina hacia abajo luego de su emergencia vertical y antes del desprendimiento de las “brácteas falsas”, localizada por encima de la primera mano con frutos. Esta modalidad de aplicación es obligatoria para impedir la penetración precoz de los coleópteros ubicados en la corona del ramillete foliar.

Las fundas AGRIBAN, fueron anudadas en sus dos extremos desde el momento de su colocación. El nudo inferior era abierto dos semanas después para desalojar las brácteas desprendidas, eliminar las dos manos inferiores, además de la “mano falsa” y eliminar igualmente la “flor masculina” (restos del bohordo floral). Luego de estas operaciones se cerraba nuevamente el nudo del extremo inferior, el que permanecía así hasta la cosecha del racimo. La funda convencional de polietileno era anudada sólo en el extremo superior. Todos los racimos fueron cosechados doce semanas después de la colocación de las fundas en los dos tratamientos de ambos ensayos.

RESULTADOS Y DISCUSION

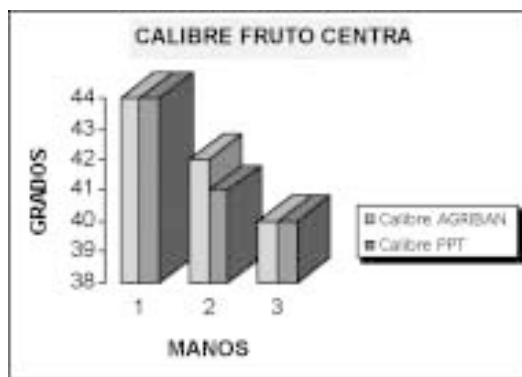
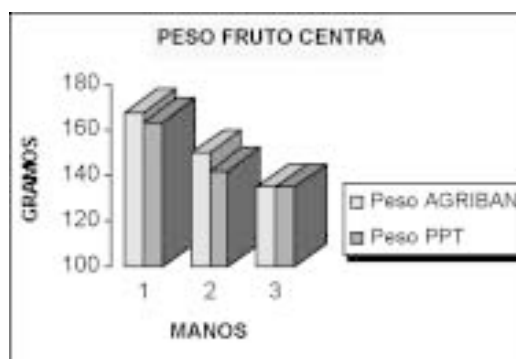
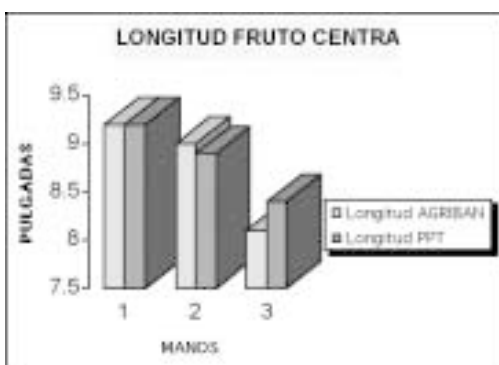
En la finca Santa Rosario, sector Pasaje, Provincia El Oro, la protección de los racimos contra el ataque de *Colaspis sp.* en los dos tratamientos realizados dio el siguiente resultado:

TRATAMIENTO	PORCENTAJE DE DAÑO
Funda Agriban	0%
Funda Tratada	20%



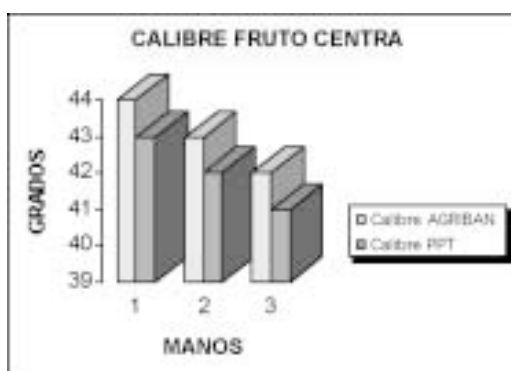
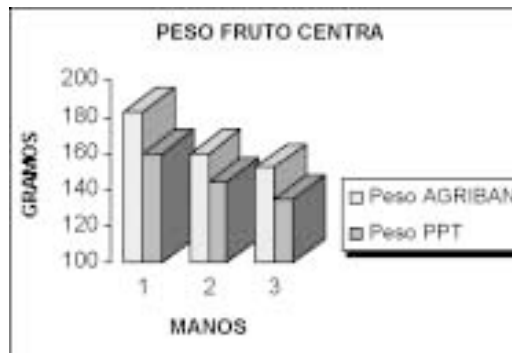
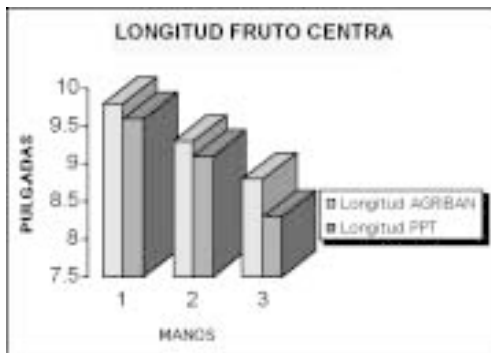
La condición de desarrollo de los frutos en los racimos cosechados se determinó registrando la longitud, el calibre y el peso del dedo central de las manos segunda, cuarta y sexta. Los resultados se expresan a continuación:

PAR AMETROS	TRATAMIENTOS					
	2a. Mano		4a. Mano		6a. Mano	
	Agriban	Testgo	Agriban	Testgo	Agriban	Testgo
Longitud (pulgadas)	9.2	9.2	9.0	8.9	8.1	8.4
Calibre (grados)	44	44	42	41	40	40
Peso (gramos)	168	164	150	142	135	135



En La Finca Cañas, Sector Naranjal, la condición de desarrollo de los frutos en los racimos cosechados se expresa en los siguientes resultados:

PAR AMETROS	TRATAMIENTOS					
	2a. Mano		4a. Mano		6a. Mano	
	Agriban	Testgo	Agriban	Testgo	Agriban	Testgo
Longitud (pulgadas)	9.8	9.6	9.3	9.1	8.8	8.3
Calibre (grados)	44	43	43	42	42	41
Peso (gramos)	183	161	160	144	152	135



Discusión

La protección de los racimos contra el ataque de *Colaspis sp.*, con la funda AGRIBAN, fue total en el ensayo realizado en la finca Santa Rosario.

La acción de la funda AGRIBAN, en el desarrollo de los frutos a la cosecha mostró incremento en el peso en el orden del 12% para el dedo central de la segunda mano y del 10 % para los dedos centrales de la mano 4 y 6, además de mostrar diferencias en la calibración hasta de un grado.

Con la protección de la funda AGRIBAN, la fruta cosechada presentó un mejor aspecto cosmético, al tener una mejor limpieza en el momento de cosecha que el testigo.

CONCLUSIONES

Los ensayos realizados mostraron una acción neta de la funda AGRIBAN,, anudada en ambos extremos, en la protección de los frutos de bana-

no contra el ataque de *Colaspis sp.*, además del incremento en el peso de los frutos.

Con la protección de la funda AGRIBAN, también se logró la obtención de una mejor calidad de fruta, que se puede representar en disminuciones de rechazo en la comercialización.

Para la protección del medio ambiente, resulta adecuado el manejo de la funda AGRIBAN,, ya que se presenta una considerable reducción en el manejo de los desechos. Además, la salud del personal encargado de la labor de embolsar también es protegida, al no presentarse manipulación de bolsas impregnadas de insecticidas.

BIBLIOGRAFÍA

- FALLAS, G. et al 1998. Manejo Integrado de Plagas del Banano en DOLE. Apto. 4595-1000 San José Costa Rica.
 SANDOVAL J. & PEREZ L. 1997 Evaluación de bolsas de alta densidad en la calidad del fruto del banano, cv. "VALERY" (Musa AAA). CORBANA Informe anual
 SOTO M. 1992. Bananos: cultivo y comercialización.

Dinámica de poblaciones de ciperáceas bajo diferentes sistemas de manejo en una plantación de banano en el trópico húmedo de Costa Rica

Cyperaceae population dynamics in a banana plantation subjected to several weed management treatments

L.W. Acosta¹ y R. Aguero²

RESUMEN

Con el objeto de estudiar el impacto de varios métodos químicos y físicos de manejo, sobre la dinámica de poblaciones de ciperáceas en el agroecosistema banano, se llevó a cabo un experimento por un periodo de 2 años en la Finca San Pablo, Matina, Costa Rica. Se seleccionó una plantación de banano var. Gran enano y se aplicaron seis tratamientos, a saber: T₁ testigo a libre crecimiento de la vegetación espontánea. T₂) chapeas mensuales T₃) aspersiones calendarizadas con glifosato, T₄) aspersiones calendarizadas con paraquat, T₅) aspersiones calendarizadas con glufosinato y T₆) tratamiento mixto con base en el monitoreo de la flora. Los resultados indican diferencias entre tratamientos (DMS, p<0.05). Las principales especies de ciperáceas registradas fueron: *Cyperus luzulae*, *Cyperus ferax*, *Scleria pterota*, *Killinga brevifolia* y *Fimbristylis sp.* En las hileras del banano las poblaciones de ciperáceas se redujeron un 80 y 96 % para los tratamientos con glifosato y paraquat respectivamente. En las rodajas a los 300 días después de los tratamientos las poblaciones de estas especies se redujeron un 81, 90 y 85 % para glifosato, paraquat y mixto respectivamente, mientras en los otros tratamientos las poblaciones de ciperáceas se mantuvieron similares en el tiempo. Se concluye que el tratamiento mixto es una alternativa para el manejo de ciperáceas en el agroecosistema banano.

ABSTRACT

A study was conducted for two years at Finca San Pablo, Matina, Costa Rica, in order to determine the impact of several weed control strategies on the population dynamics of Cyperaceae. A ten-year-old banana plantation (var. Gran Enano) was chosen for evaluation of next treatments: T₁ = untreated check; T₂) physical control, T₃) successive sprays with glyphosate, T₄) successive sprays with paraquat, T₅) successive sprays with glufosinate and T₆) mixed control based on weed sampling. Main species of cyperaceae recorded were: *Cyperus luzulae*, *Cyperus ferax*, *Scleria pterota*, *Killinga brevifolia* and *Fimbristylis sp.* Glyphosate and Paraquat reduced cyperaceae populations by 80 and 96 % respectively at the spaces between crop rows. An 81, 90 and 85 % reduction was observed with Glyphosate, Paraquat and the mixed treatment at areas surrounding the banana plants. A mixed treatment based on monitoring of the population showed promise.

I

INTRODUCCIÓN

La dinámica de poblaciones de malezas se refiere al cambio en una comunidad de plantas y composición de las mismas en función al tiempo y a las estrategias de manejo. Estos cambios se relacionan al número de especies y abundancia de

cada una de ellas en un determinado agroecosistema (Young y Evans, 1976; Krebs, 1985). Las ciperáceas son consideradas universalmente un componente importante en la pérdida de los rendimientos de los cultivos. La ocurrencia cosmopolita de muchas especies de ciperáceas, los atributos ecológicos y la habilidad que tienen estas para

1. Prefectura Departamental, Tarija, Bolivia. lacosta@cariari.ucr.ac.cr

2. LAMA-CIPROC; Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Universidad de Costa Rica, San José-Costa Rica. raguero@cariari.ucr.ac.cr

interferir con las actividades humanas, involucra tres características comunes a saber: el poder de dispersión de sus diseminulos, la habilidad para incrementar su abundancia una vez que ha colonizado un sitio y su capacidad para tolerar un amplio rango de condiciones bióticas y abióticas. Estas tres características habilitan la flora ciperácea para dominar y persistir en un determinado agroecosistema por periodos de tiempo extremadamente largos (Norton y Conway; 1977). Las especies dominantes son aquellas que se adaptan mejor a las actuales prácticas de manejo. En consecuencia, los productores ajustan sus programas de manejo para mejorar el control de las especies dominantes, estas especies típicamente crean oportunidades para otras que escapan a los controles y llegan a constituirse un problema en un determinado cultivo.

El agroecosistema banano es un monocultivo por un periodo largo, como consecuencia las ciperáceas y otras malezas incrementan su diversidad. Por lo general, la composición de la flora ciperácea en un agroecosistema particular refleja las características climáticas, edáficas y prácticas agronómicas (Roberts, 1981; Fround-Willians *et al.*, 1983; Zimdahl *et al.*, 1988). Un conocimiento del porcentaje de dispersión entre parches y la colonización a nuevas áreas es importante para un entendimiento de la dinámica de poblaciones.

Existe poca información acerca de los diversos aspectos que determinan el proceso regenerativo y emergencia de los modelos de ciperáceas en los trópicos. Las comunidades de estas especies presentes en agroecosistemas no son estáticas sino que cambian a través del tiempo. Estos cambios producidos en la composición de las comunidades de malezas y sus poblaciones relativas y absolutas son consecuencias inevitables de los métodos de control usados, de las técnicas agronómicas de producción y de factores como el suelo y el clima (Muñoz y Pitty, 1989). Para realizar un programa de manejo de malezas en forma efectiva se necesita entender los factores que regulan los porcentajes de dispersión de las malezas y las formas de cómo pueden ser reducidas.

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de varias estrategias de manejo con métodos químicos y físicos sobre la dinámica de poblaciones de ciperáceas en el agroecosistema banano. Con esta información se pretende determinar

las estrategias de combate más apropiadas, para un mejor manejo de ciperáceas en el cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio, se desarrolló por dos años (2000-2001), en la finca San Pablo de la Corporación Bananera Nacional (Canton Siquirres, Distrito de Pacuarito), ubicada en 28 Millas de la provincia de Limón, Costa Rica. Según el sistema de zonas de vida de Holdridge (1979) esta región se clasifica como bosque tropical húmedo, con una precipitación anual que fluctúa entre los 3.500 y 4.000 mm. La temperatura promedio anual es de 25 °C y la humedad relativa promedio del 85 %. Antes del inicio del experimento, se realizó un muestro de suelos para determinar la variación que pudiese existir en las unidades experimentales. Los suelos correspondieron a la clase III, IV y V, mientras que de acuerdo con uso potencial corresponden a las clases II y III. Estos suelos tienen una textura que varia de franco a franco arcillo limoso.

Metodología

En una plantación de banano var. Gran enano de 10 años de edad, se seleccionó una superficie de 8400 m², en la cual se estableció un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones distribuidas en forma aleatoria. En cada unidad experimental se definieron aleatoriamente, tres puntos de observación en la rodaja y tres entre las hileras, constituyendo un total de 104 puntos de observación. Estos puntos de observación fueron definidos como puntos de muestreo fijos, los mismos se identificaron con estacas. Se evaluaron seis tratamientos en este experimento a saber: T₁= testigo libre crecimiento; T₂= control con chapeas mensuales; T₃= control con glifosato cada dos meses; T₄= controles mensuales con paraquat; T₅= control con glufosinato cada dos meses y T₆= control mixto con chapea, glifosato o glufosinato cada dos meses, con base en la flora presente el día antes de aspersión

Para los tratamientos con herbicidas se utilizó una bomba de espalda de 16 litros con boquilla Tejeet 8002. Las dosis de los productos aplicados fueron establecidas en base a las recomendaciones emitidas por las casas comerciales representadas por cada uno, a saber: paraquat (Gramoxone 0.75 % v/v) = 120 ml/16 litros de agua; glufosinato

(Finale 1 % v/v) = 160 cc/16 litros de agua y Glifosato (Ranger Plus 0.6878 v/v) = 110 gr/16 litros de agua.

Cuantificación de la vegetación predominante

Se realizaron recuentos del número de individuos de ciperáceas presentes en los puntos de muestreo que se definieron en las rodajas y entre las hileras del banano, estos recuentos se hicieron antes del inicio de los tratamientos y a los 75, 150, 225 y 300 días después del primer muestreo. Para tal efecto se utilizó un marco metálico dividido en cuadrados de 10 cm² de área, el mismo fue colocado en cada estación de muestreo ubicado entre las hileras (hábitat 1) y otro marco de madera construido en forma de media luna de 0.60 m² fue colocado al azar en la rodaja frente al hijo de espada (hábitat 2). Una vez identificadas las especies, se procedió a realizar el respectivo conteo de individuos en cada sitio.

Los datos se analizaron estadísticamente mediante el programa SAS, según el diseño experimental y el modelo matemático correspondiente. El análisis de variación se realizó para cada una de las especies, y para comparar medias entre los tratamientos se utilizó la prueba de rango múltiple de DMS protegida de Fisher, al 5 % de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 se indican las respuestas de las poblaciones de ciperáceas a las diferentes tácticas de manejo. Se registraron 5 especies de ciperáceas,

tanto en las rodajas como en las hileras, a saber: *Cyperus luzulae*, *Cyperus ferax*, *Scleria perota*, *Killinga brevifolia* y *Fimbristylis sp.* Las especies dominantes fueron *C. luzulae* y *S. pterota*. En el hábitat entre las hileras del banano antes de la aspersión inicial de los tratamientos no se observaron diferencias, mientras que a los 75 días después de los tratamientos, las poblaciones se redujeron súbitamente para todos los tratamientos estudiados, excepto el tratamiento mixto y glufosinato. Por ejemplo, los tratamientos con glifosato redujeron un 89.4 % las poblaciones de ciperáceas cuando fueron comparadas con los testigos. Resultados similares fueron obtenidos a los 150 días. A los 225 días y 300 días de iniciado los tratamientos, las poblaciones de estas especies solo fueron reducidas por los tratamientos con glifosato y paraquat, mientras que las poblaciones que recibieron tratamientos con glufosinato y control mixto fueron similares con las poblaciones de los testigos ($p < 0.05$). Cuando se compararon las poblaciones de estas especies a los 300 días, los tratamientos con paraquat y glifosato redujeron un 80 % y 96 % respectivamente. Los tratamientos con glufosinato redujeron, las poblaciones de *C. ferax* y *K. brevifolia*; sin embargo *C. luzulae*, y *S. pterota* escaparon a los tratamientos con glufosinato.

También se obtuvieron diferencias en las poblaciones de ciperáceas en las rodajas cuando fueron comparadas con el testigo. Así por ejemplo a los 75 días después de los tratamientos se presentaron dos grupos caracterizados por el testigo, chapea y glufosinato diferentes al resto de los tratamientos.

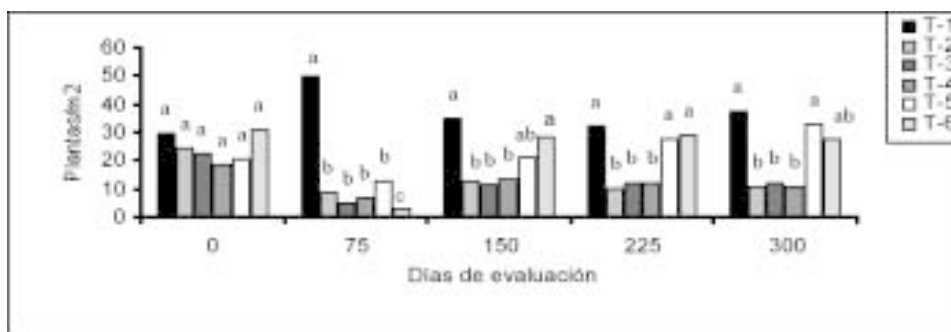


Figura 1. Densidad de ciperáceas/m², en las hileras del agroecosistema banano bajo diferentes estrategias de combate (T₁ = testigo a libre crecimiento; T₂ = c/chapea; T₃ = c/glifosato; T₄ = controles con paraquat; T₅ = c/glufosinato y T₆ = c/mixtos). Letras iguales en cada fechas de evaluación no difieren entre sí (DMS ; $p < 0.05$).

Las poblaciones de ciperáceas se redujeron un 95, 87, y 93 % para tratamientos con glifosato; paraquat; controles mixtos respectivamente, mientras que en testigo a libre crecimiento, chapea y control con glufosinato las poblaciones se mantuvieron iguales. A los 300 días los controles físicos con chapea redujeron notablemente el número de individuos. Cuando las poblaciones de estas especies fueron comparadas con los testigos a los 300 días, se presentaron reducciones del 79, 81, 90, y 85 % para chapea, glifosato, paraquat y mixtos respectivamente (Figura 2).

Las densidades de poblaciones de malezas en aquellas áreas que recibieron los diversos tratamientos se redujeron significativamente comparadas con las densidades de los testigos; en tanto que la diversidad florística fue mayor en los diversos tratamientos aplicados. Probablemente la eliminación de la vegetación dominante con la aplicación de herbicidas redujo la densidad de estas, dando oportunidad a las semillas de otras especies remanentes en el banco. Se puede inferir que los tratamientos provocaron la reactivación de semillas del banco y como consecuencia una mayor diversidad florística de ciperáceas. Wrucke y Arnold (1985) opinan que prácticas agronómicas que se realizan en diversos agroecosistemas como la aplicación de herbicidas afecta la diversidad y la composición de la flora malezas. Mahn y Helmecke (1979) opinan que el uso continuo de herbicidas involucra cambios significativos en la flora malezas y provocan

alteraciones importantes en las comunidades de malezas, pero es cuestionable que los herbicidas erradiquen completamente las malezas. Los diferentes herbicidas cambiaron la densidad individual de malezas, pero no cambió en las especies presentes en una comunidad. Estudios similares fueron reportados por Hume, (1987) quien indica que con aplicaciones anuales de 2,4-D (ácido diclorofenoxi-acético) ninguna especie fue erradicada por un periodo de 36 años, como resultado directo del herbicida, los cambios que observó Hume fueron cuantitativos en relación a la abundancia estructural de comunidades de malezas.

Terry (1996) indica que las malezas anuales y perennes en crecimiento activo pueden ser controladas con un tratamiento en pos-emergencia de glifosato a dosis de 1-3 kg ia/ha, Lee-LimJumh *et al.* (1997) señala que herbicidas como paraquat y glifosato reducen las poblaciones de *Ottocloa nodosa*, *Paspalum conjugatum* e *Imperata cylindrica*. La literatura indica que glifosato es un herbicida no selectivo desarrollado en 1972, es un producto que se utiliza para el control de malezas anuales y perennes, se transloca en forma simplástica y causa la muerte de la planta. Este producto puede ser usado en posmergencia siendo su modo de acción la inhibición de 5-enolpyruvylshikimate-3 fosfato sintasa que resulta en el agotamiento de la síntesis de aminoácidos aromáticos que son indispensables para la sobrevivencia de las plantas (Haney *et al.*, 2000).

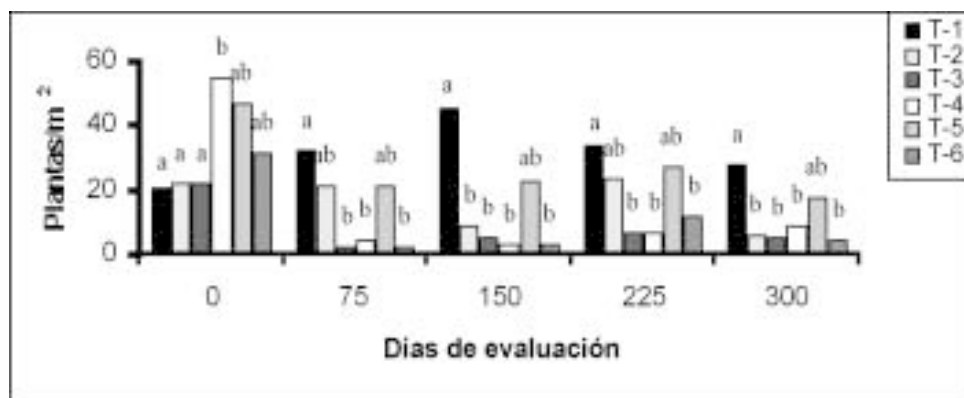


Figura 2. Densidad de ciperáceas/m², en las rodajas del agroecosistema banano bajo diferentes estrategias de combate (T₁= testigo a libre crecimiento; T₂ = c/chapea; T₃ = c/glifosato; T₄= controles con paraquat; T₅= c/glufosinato y T₆/ c/mixtos). Letras iguales en cada fechas de evaluación no difieren entre si (DMS; p<0.05).

CONCLUSIONES

Las poblaciones de ciperáceas dominantes fueron *C. luzulae* y *S. pterota*. En este estudio, el tratamiento mixto y tienen efecto en reducir las poblaciones de ciperáceas en el agroecosistema banano, lo cual puede ser una alternativa para un futuro manejo de la vegetación asociada a plantaciones bananeras, amigable con el ambiente y sostenible, en la producción del cultivo de banano en los trópicos. Glifosato y paraquat mostraron menores poblaciones de ciperáceas que glufosinato.

AGRADECIMIENTOS

A los trabajadores de la Finca San Pablo de CORBANA, en 28 Millas.

LITERATURA CITADA

- FROUD-WILLIAMS, R.J.; DRENNEN, D.S.H; CHANCELLOR, R.J. 1983. Influence of cultivation regime on weed flora of arable cropping systems. *Journal of applied Ecology* 20: 199-208.
- HANEY, R.L.; SENSEMAN, S.A.; HONS, F.M.; ZUBERER, D.A. 2000. Effect of glyphosate on soil microbial activity and biomass. *Weed Science*, 48: 89-93.
- HOLDRIDGE, L. 1979. *Ecología basada en zonas de vida*. San José, Costa Rica. IICA. 216 pp.
- HUME, L. 1987. Long-term effect of 2,4-application on plants. 1. Effects on the weed community in a wheat crop. *Canadian Journal of Botany*, 65, 2530-2536.
- KREBS, C.J. 1985 *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance*: Harper y Row Publisher Inc, New York. pp 513-702.
- MAHN, E.G.; HELMECKE, K. 1979. Effects of herbicide treatment on the structure and functioning of agroecosystems. II. Structural changes in the plant community after the application of herbicides over several years. *Agro-Ecosystems*, 5, 159-179.
- MUÑOZ, R.; PITTY, A. 1989. El cambio del complejo de malezas en la labranza de maíz (*Zea mays* L.) con diferentes años de uso agrícola. P13. EN: Universidad Autónoma de Honduras (eds) *Memoria VII Semana Científica*, 16-20 de octubre 1989. Tegucigalpa.
- NORTON, G.A; CONWAY, G.R. 1977. The economic and social context of pest, disease and weed problems in Origin of Pest, Parasite, Disease and Weeded Problems, ed.J.M. Cherret and G.R. Sagar. pp. 205-26.
- LEE, L.J.; NGIM, J.; LEE, L.J. 1997. Evaluating non-selective herbicides for rainfast properties in Malaysia. *Planter*: 73: 65-68.
- ROBERTS, H.A. 1981. Seed banks in soils. *Advances in Applied Biology* 6: 1-55.
- TERRY, P.J. 1996. Manejo de las malas hierbas en Bananos y Plátanos En (Eds) LABRADA, R.; CASELEY, J.C.; PARKER, C. 1996. Manejo de malezas para países en desarrollo. Estudio FAO, Producción y Protección Vegetal 120: Italia, Roma 403 pp.
- TURNER, D.J. ; LOADER, M.C.P. 1980. Effects of ammonium sulfate and other additives upon the phytotoxicity of glyphosate to *Agropyron repens* (L.) *Weed Res.* 20: 139-146.
- YOUNG, J.A.; EVANS R.A 1976. Responses of weed populations to human manipulations of the natural environment. *Weed Science* 24: 186-190.
- WRUCHE, M.A.; ARNOLD, W.E. 1985. Weed seed distribution as influenced by tillage and herbicides. *Weed Science* 33: 853-856.
- ZIMDAHL, R.L., MOODY, R.L.; LUBIGAN, R.T.; CASTIN, E.M. 1988. Patterns of weed emergence in tropical soils. *Weed Science* 36: 603-608.

Producción de banano bajo diferentes estrategias de manejo de la flora vascular

Banana yield under several management strategies of the vascular flora in Costa Rica

L.W. Acosta¹ y R. Aguero²

RESUMEN

En Costa Rica, el control de la flora vascular asociada al banano denominada “malezas”, se realiza principalmente mediante métodos químicos; sin importar el grado de infestación. Por lo general los suelos quedan descubiertos y susceptibles a la erosión. El propósito de este trabajo fue evaluar el efecto de las malezas en el rendimiento del banano. En una plantación de banano de 10 años de establecida, se estudiaron 6 tratamientos, a saber: T₁) testigo a libre crecimiento, T₂) chapeas mensuales, T₃) glifosato cada dos meses, T₄) controles mensuales con paraquat, T₅) glufosinato cada dos meses y T₆) control combinado basado en monitoreo de malezas. Los resultados indican que los métodos de control con chapea y paraquat fueron los mas caros con 343.64 y 204.03 dólares/ha/año respectivamente; mientras que los métodos mixtos (82.98 dólares/ha/año) y controles con glifosato (86.62 dólares/ha/año) registraron los costos más bajos. Los métodos de combate tuvieron efecto en el peso del racimo (kg); manos/racimo. Estos resultados demuestran que la combinación de métodos puede ser una alternativa de manejo de la flora vascular, amigable con el ambiente y económicamente sostenible, en la producción del agroecosistema banano.

ABSTRACT

Weed Control in banana plantations in Costa Rica relies heavily on intensive chemical and physical methods. As a result, soil remains bare for extensive periods, thus promoting soil erosion. The purpose of this study was to evaluate the effect of weeds remaining after several management strategies on the yield of the banana plant. Results showed that physical control and use of monthly treatments of paraquat were the most expensive methods (\$ 343.64 and 204.03/ha/year respectively). Combined method and glyphosate were the cheapest treatments evaluated (\$ 82.98 and 86.62/ha/year respectively). There were significant differences on the effect of the treatments studied on banana yield and growth.

INTRODUCCIÓN

Las prácticas periódicas de control de malezas, típicamente están involucradas en la destrucción de la biomasa que está sobre la superficie del suelo y estas medidas de control son aplicadas sin importar el nivel de infestación (Cooper, 1983; Combellack y Friesen, 1992). Quizás esto se deba a que las malezas a densidades relativamente bajas, a diferencia del daño causado por insectos y enfermedades, pueden causar pérdidas económicas significativas (Auld y Menz, 2002). Las ventajas del control de malezas a menudo no son valo-

radas por la comunidad; un control eficiente de malezas puede tener un efecto de reducción de los precios de los productos al consumidor (Auld y Tisdell, 1987; Monjardino, 2002). Las malezas en una plantación de banano, afectan adversamente al cultivo a través de la competencia por factores esenciales como nutrientes y humedad, en periodos de sequías o donde hay estaciones con sequías prolongadas (Simmonds, 1959). Auld y Tisdell (1987) y Cousen (1985) sugieren que la decisión para el control de malezas debe estar basada en términos de umbral económico, como

1. Prefectura Departamental, Tarija, Bolivia. lacosta@cariari.ucr.ac.cr

2. LAMA-CIPROC Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Universidad de Costa Rica, San José Costa Rica. raguero@cariari.ucr.ac.cr

consecuencia este manejo debe estar dentro de una dinámica que permita guiar un mayor nivel de control de malezas dentro de una población y un elevado retorno económico. La respuesta de los sistemas agrícolas a variables fijas y factores de producción están determinadas en función del modelo indicado por Jones y Cacho (2000), por lo cual el rendimiento de los cultivos está determinado por factores como variedad, tipo de suelo, precipitación, enfermedades, plagas, manejo de malezas, etc. Entonces, la ecuación de la función de producción sería: $Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$. Si las variables de producción permanecen constantes y sólo cambia una de ellas, entonces será posible trazar las respuestas de rendimiento desde las variaciones en los parámetros evaluados. En consecuencia, se espera una disminución en el rendimiento mientras la densidad de malezas incrementa. Los productores de banano en Costa Rica, utilizan métodos químicos y físicos para el control de malezas. Soto (1992) indica que desde los años 80 el uso de herbicidas se hizo excesivo con un ciclo de aspersión cada cuatro a seis semanas, procurando mantener el suelo totalmente desnudo. Los herbicidas más usados fueron ametrina, simazina y paraquat; este último debido a su acción quemante en las malezas en pocas horas de aplicación, favoreció su uso rutinario en plantaciones bananeras de Costa Rica. Luego se incorporó el uso de otras moléculas como el glifosato y el glufosinato. El objetivo de este estudio fue evaluar el costo de seis estrategias de manejo de malezas y el efecto de estas en el rendimiento del agroecosistema banano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue realizado en una plantación de banano de 10 años de establecida con la variedad Gran Enano; ubicada en la Finca San Pablo, propiedad de CORBANA. El suelo clasifica de acuerdo con el manual de suelos bananeros como segunda, con limitaciones leves del drenaje y una profundidad efectiva entre 90-120 cm y con presencia de arena y grava. El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar, con 3 réplicas. La unidad experimental consistió de una superficie de 400 m². Los métodos de manejo de malezas fueron: T₁ = testigo a libre crecimiento de malezas; T₂ = control con chapeas

mensuales; T₃ = control con glifosato cada dos meses; T₄ = controles mensuales con paraquat; T₅ = control con glufosinato cada dos meses y T₆ = control mixto con chapea, glifosato o glufosinato cada dos meses, según la flora de malezas presente. Los costos del manejo de malezas de los diferentes tratamientos fueron calculados mediante las siguientes ecuaciones:

$$(1) Y_{(12)} = \hat{A} (X_1 * X_2 * X_3)$$

Donde: Y₍₁₂₎ = costo del método de manejo con chapea (\$/ha); X₁ = número de jornales/ha; X₂ = costo unitario \$/día; X₃ = número de chapeas por año

$$(2) Y_{(13, 14, 15)} = \hat{A} [(X_1 * X_2 * X_6) + (X_4 * X_5 * X_6)]$$

Donde: Y_(13, 14, 15) = costo de los métodos de manejo químicos: glifosato (3); paraquat (4) y glufosinato (5) en \$/ha; X₄ = costo unitario del producto químico (\$); X₅ = dosis del producto por ha (litros o kilogramos) y X₆ = número de aplicaciones por año.

$$(3) Y_{(16)} = \hat{A} [(X_1 * X_2 * X_3) + 2(X_4 * X_5 * X_6)]$$

Donde: Y₍₁₆₎ = costo del método de manejo mixto [(chapea (2), glifosato (3) glufosinato (5) (\$/ha)] X₁ = número de jornales/ha; X₂ = costo unitario \$/día; X₃ = número de chapeas por año; X₄ = costo unitario del producto químico (\$); X₅ = dosis del producto por ha (litros o kilogramos); X₆ = número de aplicaciones por año.

Para el análisis de retorno económico (RE) se consideró la variación del componente malezas de los diferentes métodos de combate usados, mientras que los demás componentes de producción se mantuvieron constantes. Luego el RE fue calculado multiplicando el rendimiento / ha por el precio unitario por caja y luego se sustrajo el costo total por cada sistema de manejo. El porcentaje de rechazo y el ratio fue considerado, según los estudios propuestos por Serrano y Douglas (1998). Las variables evaluadas para determinar el efecto de los tratamientos fueron:

$$(4) T = (C * P); G = (t_1 - t_2); R = (G - E)$$

Donde: T = precio total de número de cajas/ha/año (\$/ha/año); C = producción número de cajas/ha/año; P = Precio unitario por caja de 18.5 kg (\$/caja); G = Ganancia (\$/ha); (t₁ - t₂) = costo de los métodos comparado con el testigo a libre crecimiento; E = Costo de manejo de malezas de los diferentes métodos y R = Retorno económico (\$/ha/año).

Para reconocer el efecto de la estructura de los tratamientos en las variables de producción se uti-

lizó un análisis de varianza usando un modelo lineal general en STATISTICA (1999) y para detectar diferencias entre medias se usó la prueba de DMS protegida de Fisher, al 5 % de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1 se indica el costo de manejo de malezas / ha en una plantación establecida de banano, bajo las diferentes estrategias de combate. Las chapeas mensuales con machete fueron las más caras con 343.64 \$/ha/año, seguidas por el control químico con paraquat (204.03 \$/ha/año). Los métodos de control mixto y glifosato tuvieron los costos más bajos con 82.98 y 86.62 \$/ha/año respectivamente. En el método mixto, se usó menor cantidad de productos químicos, con 3 aplicaciones de glifosato, 2 de glufosinato y 1,5 chapeas/año y se logró un efectivo control de la vegetación acompañante al banano. Cuando se comparó el modelo de manejo mixto con los tratamientos químicos con paraquat y chapea se logra una ganancia de 260.66 y 121.05 \$/ha/año respectivamente. El modelo mixto puede ser una alternativa para el manejo de malezas en banano, debido a su costo y a que resulta más amigable con el am-

biente. Productores bananeros pueden beneficiarse de este modelo de manejo de malezas en banano. Si este método fuese adoptado en 50.000 has cultivables de banano en Costa Rica, se evitaría erogar gastos de alrededor 8,5 millones \$/año, para el manejo de malezas en el banano, además se reduciría el uso de herbicidas entre un 40 y 60 % comparado con el método más intensivo (paraquat cada mes). Chapea es cara y lenta, pues se utilizan 37.68 jor/ha/año contra 7.14 jor/ha/año en el método mixto (cuadro 1).

En la figura 1 se indica el impacto de los métodos de combate de malezas en el peso del racimo (kg). La chapea no difiere con el testigo a libre crecimiento (28.52 kg, peso promedio). Los racimos con mayor peso fueron los correspondientes al métodos mixto (33.92 kg) y glufosinato (31.91 kg). Al compararlos con el testigo, el peso del racimo se incrementó 4.60, 2.70 y 1.60 kg para los métodos mixtos, glufosinato y paraquat respectivamente (Figura 1). El número de manos por racimo respondió significativamente a los diferentes tratamientos (DMS, $p < 0.05$). La mayor cantidad de manos por racimo se registró para el tratamiento mixto y con glufosinato, mientras que el menor número de

Cuadro 1 Costos de manejo de malezas en una plantación establecida de banano (\$/ha/año)								
MÉTODO	FÍSICO			QUÍMICO				C. total (\$/has (Y))
	J/has (X ₁)	c.u. (X ₂)	Chap/año (X ₃)	c.u.lt/kg (X ₄)	Dosis/has (X ₅)	aplic/año (X ₆)	C.aplic (X ₇)	
Testigo a libre cecim (t)	0	0	0	0	0	0	0	0
Chapeas mensuales (t)	3.14	9.12	12	0	0	0	0	343.64
Glifosato d/2 meses (t)	0.69	9.12	0	5.43	1.5 kg	6	37.75	86.62
Paraquat c/mensuales (t)	0.69	9.12	0	5.95	1.8 t	12	75.51	204.03
Glufosinato c/2 meses (t)	0.69	9.12	0	18.1	1.5 t	6	37.75	200.65
Mixto (t)				0	0	0	0	42.92
Chapea	3.14	9.12	1.5	0	0	0	0	42.92
Glifosato	0.43	9.12	0	5.43	0.39 kg	3	11.76	18.11
Glufosinato	0.43	9.12	0	18.1	0.39 t	2	7.84	21.95
Costo manejo mixto								82.98
$Y_{(12)} = \hat{A} (X_1 * X_2 * X_3)$ $Y_{(13, 14, 15)} = \hat{A} [(X_1 * X_2 * X_6) + (X_4 * X_5 * X_6)]$ $Y_{(16)} = \hat{A} [(X_1 * X_2 * X_3) + 2(X_4 * X_5 * X_6)]$								

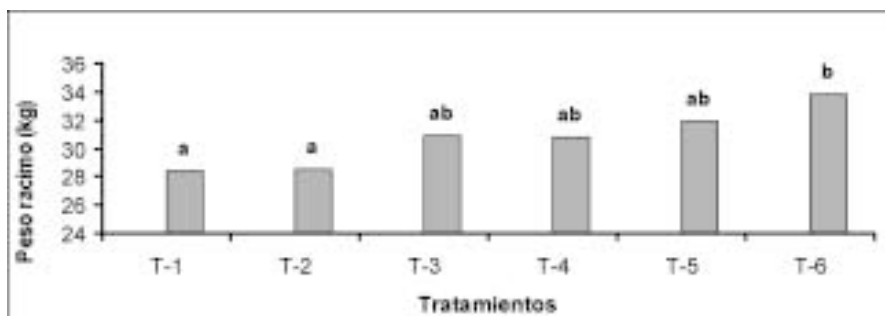


Figura 1. Efecto de los diferentes métodos de combate de malezas en el peso del racimo (kg)
Letras iguales entre barras no difieren estadísticamente entre si (DMS, $p < 0.05$)

manos/racimo se registró para la chapea y el testigo a libre crecimiento de malezas (Figura 2). El método mixto tuvo un incremento de 0.44 y 0.51 manos / racimo cuando fueron comparados con el testigo, chapea respectivamente.

Al respecto, Robinson y Singk (1973) indican que las malezas afectan adversamente en las plantaciones comerciales de banano a través de la competencia de nutrientes y agua, como consecuencia existe una reducción en el área foliar. Varios autores opinan que la competencia más seria ocurre en la etapa más temprana del cultivo, particularmente durante los primeros 3 meses de crecimiento (Chambers, 1970; Seeyave y Phillips, 1970). Una de las características más importantes de las malezas en el cultivo de banano es la coincidencia de su sistema radical con el cultivo, en los primeros 20 cm (Soto, 1992).

Los beneficios del control de malezas son cla-

ros como se muestra en las figuras 1 y 2. De estos resultados se deduce que en parcelas infestadas con malezas por un año, el número de manos y peso del racimo se reducen significativamente. Robinson y Sing (1973) encontraron que lotes infestados con malezas por 6 meses observan reducciones significativas en el peso del racimo.

El mejor RE se obtuvo para el control mixto con 4876.27 \$/ha/año, seguido de los tratamientos con glufosinato (1119.32 \$/ha/año), paraquat y glifosato. Mientras que para el método de manejo con chapea se obtuvo un retorno negativo de -258.43 \$/ha/año (cuadro 2).

Se puede deducir que la chapea tuvo un efecto de poda sobre las malezas con reproducción perenne, en muchos casos las malezas sufrirían una fragmentación de rizomas y estolones que les permiten independizarse de la planta madre y generar nuevos individuos. En otras, por el efecto del

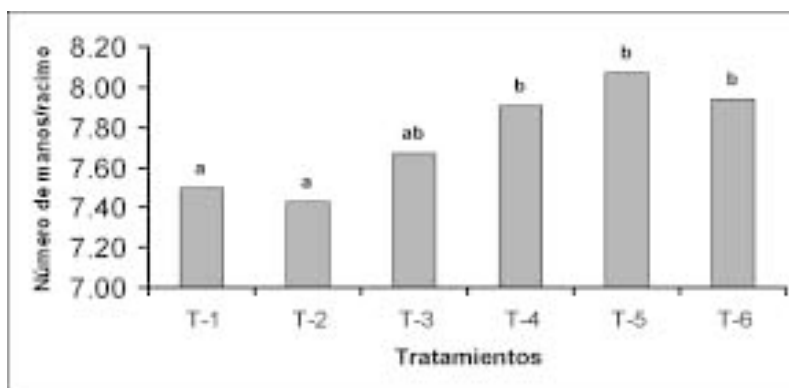


Figura 2. Efecto de métodos de manejo de la vegetación acompañante en el número de manos por racimo. Letras iguales entre barras no difieren significativamente entre si (DMS, $p < 0.05$)

Cuadro 2 **Retorno económico del agroecosistema banano bajo diferentes métodos de manejo de malezas (\$/ha/año)**

Método	Cajas (ha/año)	p. u (caja)	P. total (ha/año)	Diferencia vs testigo (\$ /ha)	costo C. malezas (E)	Retorno (\$/ha) (R)
	(C)	(P)	(T)	(G)	(E)	(R)
Testigo libre crecimiento (1)	22498	5.14	1156.2	0.00	0.00	0.00
Chapeas mensuales (2)	22552	5.14	1159.0	27.85	348.64	-3157.9
Glifosato d/2 meses (3)	22696	5.14	1166.1	101.94	86.62	15.32
Paraquat c/mensuales (4)	24173	5.14	1242.3	861.15	204.03	657.12
Glifosinato d/2 meses (5)	24881	5.14	1278.9	1224.72	200.65	1024.07
Control mixto (6)	32086	5.14	1649.4	4928.21	82.98	4876.27

$$T = (C \cdot P); G = (t_1 - t_2); R = (G - E)$$

corte, les permitiría reactivar sus reservas y emitir rebrotes rápidamente. El rendimiento del cultivo en el tratamiento a libre crecimiento, fue de 2249.85 cajas/ha/año. Excepto para la chapea, los rendimientos incrementaron desde 19.8 cajas/ha/año hasta 958.8 cajas/ha/año para los tratamientos con glifosato y mixto respectivamente (Cuadro 2).

CONCLUSIONES

1. La reducción del nivel de infestación de malezas asociada al agroecosistema banano produce incrementos significativos en los rendimientos y beneficios económicos.
2. La chapea mensual resultó cara y no evitó el impacto de las malezas sobre el cultivo.
3. Un manejo mixto que responda a un monitoreo de las poblaciones de malezas parece ser la alternativa de manejo más racional.
4. No está claro aun las razones para el abrupto aumento en el RE observado para el tratamiento mixto. Se hipotiza que la presencia de vegetación espontánea en zonas donde no interfieren con el cultivo, podría explicar en parte este resultado.

LITERATURA CITADA

AULD, B.A.; TISDELL, C.A. 1987. Economic threshold and response to uncertainty in weed control. *Agricultural Systems* 25: 219-127.

- AULD, B.A.; MENZ, K.M. 2002. Criterios básicos para el manejo mejorado de malezas en los países en desarrollo. <http://www.fao.org/ag/agp/doc/pub6/p13.htm>
- COUSENS, R. 1985. A simple model relating yield loss to weed density. *Annals of Applied Biology*, 107: 239-252.
- COMBELLACK, J.H.; FRIESEN, G. 1992. Summary of outcome of recommendations from the First International Weed Control Congress. *Weed Technology* 6, 1043-1058.
- COOPER, M.M. 1983. British agriculture. In *Fream's Agriculture*, 16 th, ed C.R.W. Spedding, pp.61-77. London: John Murray.
- CHAMBERS, G.N. 1970. Programmed chemical weed control in bananas, *Wld, Crops* 22: 80-81.
- JONES, R.; CACHO, O. 2000. A dynamic optimization model of weed control. <http://www.une.edu.au/febl/econsud/wps.htm>.
- MONJARDINO, M.; PANELL, D.J.; POWLES, S. 2002. A multi-species bio-economic model for integrated weed management. http://eap.mcgill.ca/private/vl_head.htm
- LOPEZ, L.; OJEDA, M. 1999. Análisis Estadístico de datos con STATISTICA. Eds Universidad Veracruzana, Facultad de Estadística e Informática. Laboratorio de Investigación y Asesoría Estadística. 118 pp.
- SOTO, M. 1992. Cultivo y Comercialización del banano. Ministerio de Agricultura y Ganadería San José- Costa Rica. 649 pp.
- SERRANO, R.; DOUGLAS, M. 1998. Análisis y Comentario. Disminución de la Productividad Bananera en Costa Rica. *CORBANA* 23 (49): 85-96.
- SIMMONDS, N.W. 1959. Bananas, 164 -169. Longman Green, London.
- SEEVAVE, J.; PHILLIPS, C.A. 1970. Effect of weed competition on growth yield and fruit quality of Bananas, *P.A.N.S.* 16, 343-347.
- ROBINSON, J.B.D.; SINGH, J.M. 1973. Effects and economic of weed control in bananas. *Fiji agri J.* 35: 85-88.

Manejo integrado del moko del plátano en el Quindío-Colombia

***José Ever Vargas-Sánchez, José Roberto Galindo-Álvarez,
Édgar Buitrado-Gallego, Luis Ariel Vargas-Sánchez***

RESUMEN

El departamento del Quindío (Colombia) ha adquirido un gran desarrollo en el cultivo de plátano, especialmente como resultado de la crisis cafetera y del desarrollo tecnológico a raíz de las investigaciones del ICA y CORPOICA. Sin embargo este logro está amenazado seriamente por el llamado Moko del Plátano (*Ralstonia solanacearum*), presente en la región desde 1971. A pesar de que el ICA (Instituto Colombiano Agropecuario) había implementado una campaña de control casi desde el momento de su aparición, el problema siguió en

aumento por más de dos decenios. A partir de 1997 el ICA seccional Quindío diseñó una nueva campaña, a través de un intensivo programa de manejo integrado y el concurso de los propios agricultores, con quienes se ha formado un "Club de Afectados por Moko" para el control de la enfermedad. Después de 5 años se han logrado resultados altamente positivos, que permiten poder mirar con más confianza el futuro de la agricultura platanera de la región.

* Dirección Postal: Avenida Bolívar 28N Regivit-Armenia, Colombia Teléfono: 0967493810 Fax 0967495360 E: mail icaarmenia@telesat.co



Sostenibilidad

syngenta

 **Dow AgroSciences**

COTECNA



Evaluación de microorganismos aceleradores del proceso de descomposición en banano de rechazo

Evaluation of microorganisms in the process of decomposition on stems and rejected banana clusters

*A. Henao, M. León y J.A. Ospina**

RESUMEN

El trabajo de investigación se llevó a cabo en la región de Urabá (Colombia), durante el primer semestre de 2001, con el objeto de elaborar una ficha técnica que sirva como referencia a quienes consideran este proceso como una alternativa ambientalmente sana. Allí se realizaron cinco tratamientos con tres repeticiones, comparando variables físicas, químicas y microbiológicas, tomando para ello muestras a los 0, 15, 30, 45 y 60 días de elaboradas cada pila y registrando diariamente la temperatura y el CO₂. Los resultados indicaron para cada tipo de infraestructura, que no hubo una tendencia favorable hacia alguno de los tratamientos, en particular para el número de microorganismos, pero se presentaron similitudes para 30 y 60 días, en parámetros como la humedad (60-70 %), relación C/N (30-40), Conductividad (3.5-4.5), pH (7-9), Carbono (30-40 %), Cenizas (11-13 %), Retención de humedad (1.8-2 ml/g).

ABSTRACT

The investigation work was carried in the zone of Urabá (Colombia), in the first semester of 2001. Its main object was to find out technical data that could be taken for whom would like to consider it as a reference and environmentally healthy alternative. Five treatments with three repetitions were carried, comparing physical, chemical and microbiologic variables, taking samples from each built pile at 0, 15, 30, 45 and 60 days and registering the daily temperature and CO₂. The results did not show a favorable tendency for any of the used places in the treatment, in particular in quantity of microorganisms; however, similar results were found for 30 and 60 days in parameters like the humidity (60-70 %), C/N relation (30-40), conductivity (3.5-4.5), pH (7-9), Carbon (30-40 %), ash (11-13 %), humidity retention (1.8-2 ml/g).

1

INTRODUCCIÓN

El manejo de los residuos sólidos biodegradables, como resultado de la actividad agroindustrial bananera, ha sido durante varios años motivo de preocupación para las comunidades, autoridades ambientales, empresas comercializadoras, clientes y organizaciones internacionales, tal situación, conlleva al deterioro medioambiental, manifestado en la presencia de olores ofensivos, incremento de plagas y enfermedades, causando perjuicio a las comunidades que habitan en las zonas de influencia de las áreas producción.

Según información de Augura, en el año de 1999 se produjeron en la Región de Urabá 370.000 toneladas de residuos, entre vástago y banano, por ello, C.I. Unibán determinó dirigir parte de sus recursos al estudio de su descomposición, aprovechando más eficientemente este recurso vegetal.

2. IMPORTANCIA

Este trabajo es el primero de su género en la región de Urabá, es de vital importancia porque le proporciona una ficha técnica al proveedor, guiándolo en las diferentes etapas del proceso de bio-

* Unión de Bananeros, C.I. Uniban, Apartado Aéreo 1661, Medellín, Antioquia. Tel: (576) 8296666; Fax (576) 8296634; E-mail: ahenao@uniban.com.co

transformación y con criterios objetivos para su elaboración.

3. METODOLOGÍA

En dos fincas de C.I. Unibán se efectuaron cinco tratamientos con tres repeticiones, para lo cual, todas las pilas se identificaron con cuatro números, que indicaron en orden consecutivo: la finca, número de repetición, tipo de tratamiento y el producto utilizado.

3.1 Elaboración de las pilas

La **Tabla 1** muestra las materias primas y los volúmenes empleados en ambas fincas, es decir, aserrín, vástago y rechazo, en proporciones que se establecieron previamente con base en análisis de laboratorio.

Tabla 1. Conformación de las pilas por capas.			
MATERIA PRIMA	1ª CAPA (Kg.)	2ª CAPA (Kg.)	3ª CAPA (Kg.)
Banano picado	200	200	200
Vástago picado	100	100	120
Aserrín Cama	40		
Aserrín capas	10	15	15

Las pilas fueron ubicadas de tal forma que no existiese efectos de borde entre ninguno de los tratamientos, con espacio suficiente para realizar sus volteos, limpieza y evacuación de los lixiviados.

3.2 Parámetros a evaluar

3.2.1 Temperatura:

Se empleó 60 °C como parámetro de referencia para proceder con el volteo de la pila, para lo cual se contó con la ayuda de un termómetro de varilla con lector digital, el cual fue introducido a una profundidad de 30 cm, al estabilizarse el proceso, la temperatura disminuyó por la decreciente actividad microbial en la descomposición, por ello se optó para algunas pilas, volteos a una temperatura de 55°C.

3.2.2 Gas carbónico:

Los registros de CO₂ se realizaron diariamente y en forma paralela a los de temperatura, para ello se empleó un medidor de este gas.

3.2.3 Toma de muestra para envío al laboratorio:

Se consideró para cada una de los tratamientos, una duración de 30 días en el proceso de maduración, tomando muestras para el laboratorio a los 15 y 30 días de su conformación inicial. Paralelamente se elaboraron 2 pilas de referencia (Testigo y microorganismos), las que fueron llevadas hasta los 60 días de maduración, efectuando muestreos a los 15, 30, 45 y 60 días. Las muestras de cada pila fueron enviadas al laboratorio, al Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares (GIEM), de la Universidad de Antioquia (Medellín-Colombia).

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tabla 2. Análisis de materias primas empleadas para la conformación de las pilas				
ANÁLISIS SOLICITADOS	VÁSTAGO	RECHAZO	ASERRIN 1*	ASERRIN 2**
% Nitrógeno	0.83 +/- 0.03	0.54+/-0.02	1.20+/-0.1	
%Carbono Orgánico	37.1+/-0.6	37.2 +/-0.4	39.0 +/-3.0	53
% Humedad	81.0 +/- 5.0	68.0 +/- 3.0	73.0 +/- 1.0	56
Relación C/N***	68	69	33	106
Densidad (g/cc)	0.335+/- 0.007	0.490 +/- 0.020	0.300+/-0.02	
Tamaño de partícula: 2 mm	90.9	97.3	40.96	
Tamaño: 2 - 1.4 mm	5.2	1.1	12.05	
Tamaño: 0.6 - 0.25 mm	0.3	0.47	15.06	
Tamaño: 0.25 - 0.15 mm	0.2	0.20	1.81	
* El Aserrín 1, fue empleado en la finca Santillana, no es característico por el grado de descomposición presente. ** El aserrín 2, se tomó como referencia del empleado en Asturias, cuya información fue suministrada por el GIEM. *** La relación C/N descrita, no corresponde a lo indicado en la tabla, ésta se encuentra entre 35 y 45.				

4.1 Comportamiento de los parámetros

4.1.1 Temperatura:

Los **Gráficos 1 y 2** muestran un comportamiento homogéneo en las pilas de la finca Santillana, las cuales nunca superaron los 55 °C, entre tanto, las pilas de la finca Asturias presentaron valores muy superiores al anterior, con picos superiores a los 65°C.

4.1.2 Comportamiento del CO₂:

Los **Gráficos 3 y 4** permiten apreciar el comportamiento de la temperatura y del CO₂ en dos tratamientos de la Finca Asturias, obsérvese como a los 15 días del volteo, éstas alcanzaron indistintamente valores cercanos al 8 por ciento, que corresponden igualmente a una mayor estabilización de la temperatura. De otro lado, la finca Santillana, que a pesar de contar con temperaturas promedio de

48°C a 50 °C, los niveles de CO₂ siempre estuvieron regularmente por encima del 20 por ciento.

4.1.3 Microorganismos:

Las **Tablas 3 y 4** indican para las muestras tomadas a los 15 y 30 días de armadas las pilas, una gran variabilidad en las cantidades de microorganismos presentes en cada una de ellas, apreciándose cifras que fluctúan indistintamente entre los mismos tratamientos y/o fincas. Lo anterior indica que ninguna de las pilas fue superior a las otras, en número de individuos.

4.1.4 Fitotoxicidad y germinación:

La **Tabla 5** muestra que no hubo efecto de toxicidad de cada sustrato sobre *Raphanus sativus*. La información obtenida para los dos períodos de muestreo, indican poca variabilidad de la respuesta del Rábano a la longitud de plántula y raíz por tratamiento, pero una alta respuesta respecto al control.

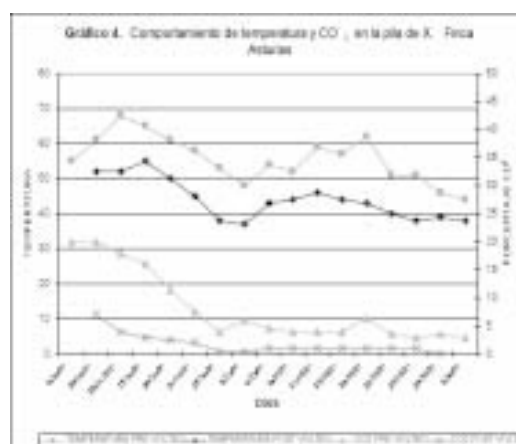
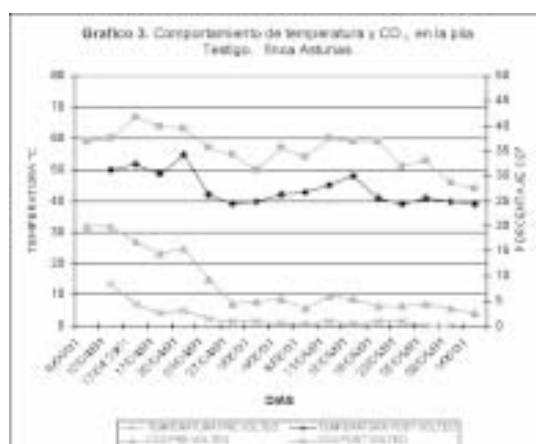
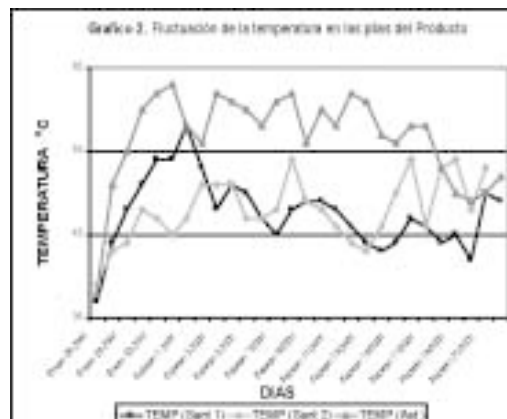
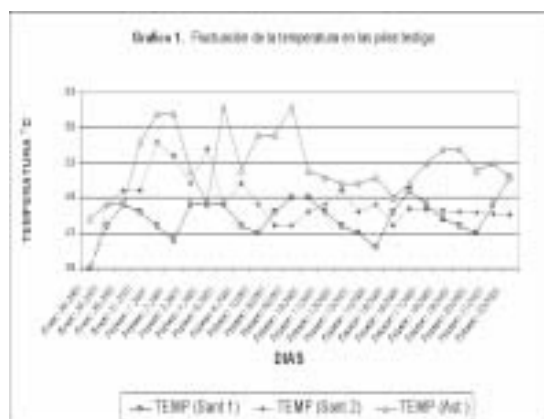


Tabla 3. Cantidad y tipo de microorganismos encontrados por muestra a los 15 días (Ufc/gramo)

ITEM	1132	2332	1141	2341	1153	2353	1110	2310
Mesófilos	140*10 ⁶	>6500*10 ⁶	220*10 ⁶	180*10 ⁶	90*10 ⁶	170*10 ⁶	85*10 ⁶	>6500*10 ⁶
Termófilos	30*10 ⁶	>6500*10 ⁶	125*10 ⁶	225*10 ⁶	175*10 ⁶	130*10 ⁶	170*10 ⁶	>6500*10 ⁶
Mohos	<1*10 ¹	3*10 ⁶	<1*10 ¹	7*10 ⁵	<1*10 ¹	13*10 ³	<1*10 ¹	7*10 ⁵
Bacterias	X	x	x	x	Bac (+/-)	Bac (+/-)	x	x
Hongos	X	Geotrichum	x	Geotrichum	x	Geotrichum	x	Geotrichum
Levaduras	40*10 ⁶	5*10 ⁶	60*10 ⁶	18*10 ⁶	20*10 ⁶	20*10 ³	23*10 ⁶	6*10 ⁶
Otros	X	Protozoos	x	Protozoos	x	Protozoos	x	Protozoos
Olor	Ferm. Fuerte	x	Fermento	Leve ferm	ferm fuerte	X	Fer leve	Lev ferm

Tabla 4. Microorganismos a los 30 días (Ufc/gramo)

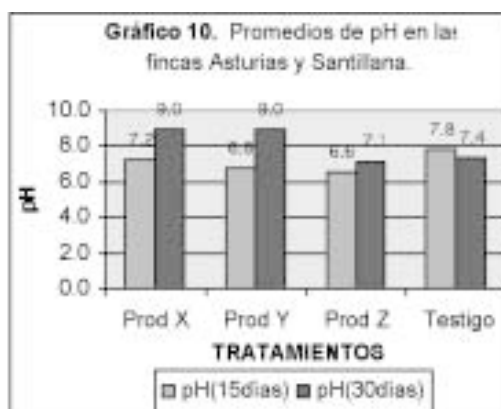
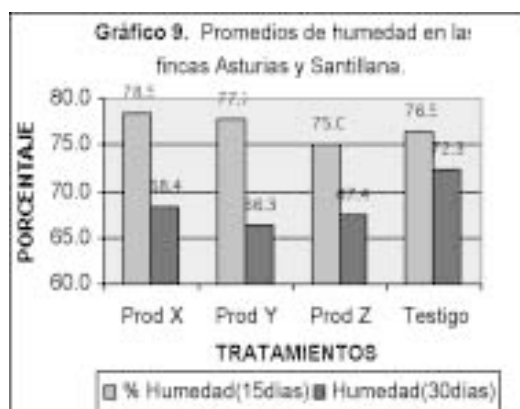
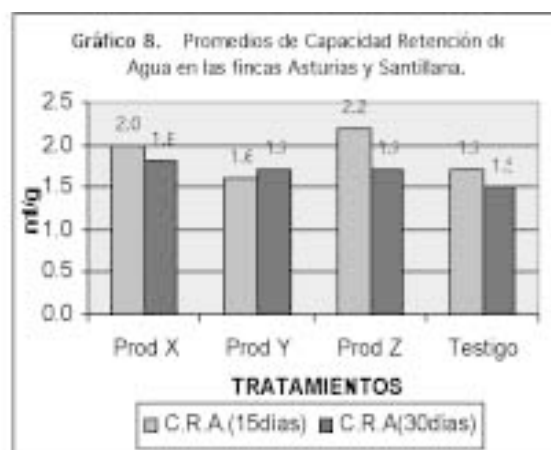
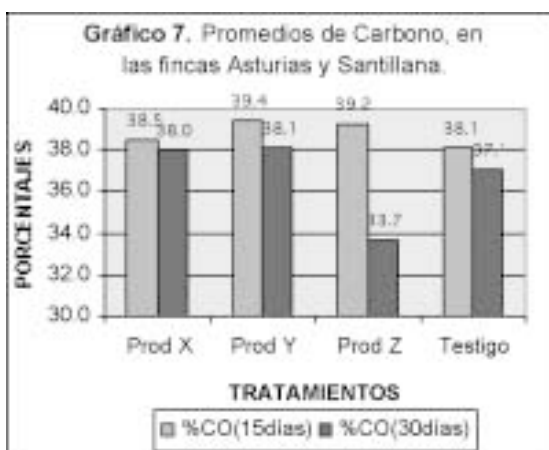
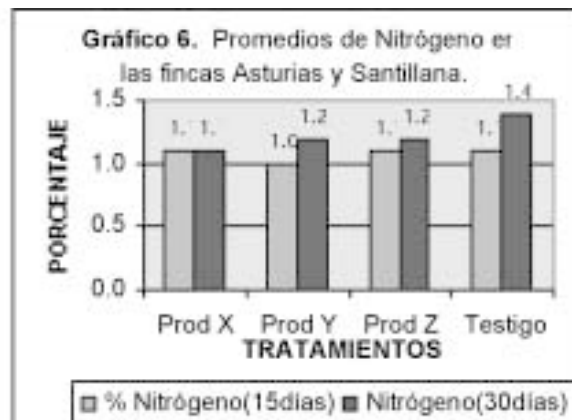
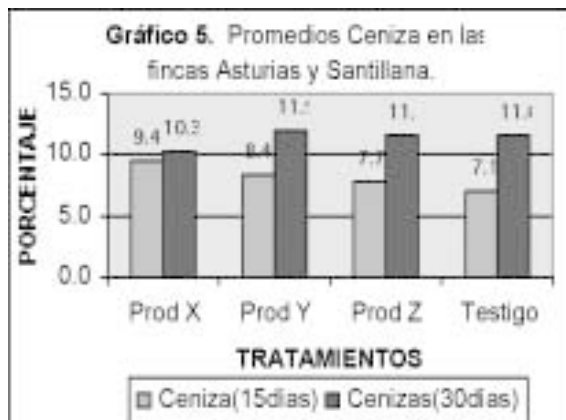
ITEM	1132	2332	1232	1141	1241	2341	1153	1253	2353	1110	
Mesófilos	>6500*10 ⁶	1170*10 ⁶	2120*10 ⁶	1007*10 ⁶	3396*10 ⁶	176*10 ⁶	170*10 ⁶	975*10 ⁶	200*10 ⁶	1170*10 ⁶	
Termófilos	57*10 ⁶	1138*10 ⁶	878*10 ⁶	180*10 ⁶	894*10 ⁶	260*10 ⁶	310*10 ⁶	1170*10 ⁶	302*10 ⁶	975*10 ⁶	
Mohos	6*10 ⁵	2*10 ³	<1*10 ¹	<1*10 ¹	<1*10 ¹	10*10 ³	<1*10 ⁶	<1*10 ¹	1*10 ⁶	<1*10 ¹	
Bacterias	Bac (+/-), Actin	Bac (+/-), Actin	Bac (+/-), Actin	Bac (+)	Bac (+/-), Actin	Bac (+/-), Actin	Bac (G+)	Bac (+/-), Actin	Bac (G+), Actin	Bac (+/-)	
Hongos	Penicillium	Geotrichum	x	x	x	Geotrichum	X	x	Aspergillum	X	
Levaduras	<1*10 ¹	6*10 ⁶	190*10 ⁶	170*10 ⁶	<1*10 ¹	9*10 ³	19*10 ⁶	260*10 ⁶	<1*10 ⁶	20*10 ⁶	
Otros	Nem, Acar, prot	Nemat, protozoo	larvas	x	Larvas	larvas	X	Larvas	Nemátod	Larvas	
Olor	No olor	Fermen no des	ferm	Ferm	Fuert ferment	No olor	Leve ferm	Fermen	No olor	Fermentado	

Tabla 5. Respuesta del modelo biológico *Raphanus sativus* a la fracción hidrosoluble.

TRATAMIENTO	GERMINACION %		LONGITUD PLANTA (cm)		LONGITUD RAICES (cm)	
	15 DIAS	30 DIAS	15 DIAS	30 DIAS	15 DIAS	30 DIAS
CONTROL	100	100	2.8+/-0.1	2.7+/-0.5	5.3+/-0.2	4.5+/-1.8
PRODUCTO X	100	98.3+/-2.3	1.8+/-0.6	1.7+/-0.6	1.85+/-0.5	1.2+/-0.4
PRODUCTO Y	97.5+/-3.5	95.5+0.0	1.65+/-0.49	1.5+/-0.6	1.3+/-0.45	1.3+/-0.5
PRODUCTO Z	96.25+/-1.7	88.9+3.1	1.75+/-0.5	1.6+/-0.5	2.15+/-0.8	1.5+/-0.5
TESTIGO	97.5+0.45	98.8+1.1	1.7+/-0.55	1.6+/-0.6	1.5+0.45	1.6+/-0.7

4.1.5 Análisis Físico - Químico

- **Cenizas:** El Gráfico 5 muestra que a los 30 días de compostadas las pilas, hay un incremento de cenizas, debido a que el material en descomposición está adquiriendo mayor madurez, ello es corroborado por la pila referencia a los 45 y 60 días de compostado el material, con 13.3 y 11.3 por ciento.
- **Nitrógeno:** El Gráfico 6 permite apreciar un leve aumento del elemento, a los 30 días de analizada la muestra, como resultado de una mayor pérdida de CO₂ en las pilas, no obstante, no hay diferencia significativa entre los tratamientos. La pila de referencia mostró contenidos de 0.8 y 0.85 por ciento a los 45 y 60 días, respectivamente.
- **Carbono Orgánico:** El Gráfico 7 muestra que los contenidos disminuyen con el tiempo, pues el consumo de éste ha suplido en parte los requerimientos energéticos de las bacterias del compost. Sólo las pilas del Producto Z, presentaron un descenso significativo respecto a los demás tratamientos, lo que se puede deber más a la variabilidad del muestreo que al comportamiento de las bacterias aplicadas. Existe una leve diferencia estadística entre algunas de las pilas evaluadas.
- **Porcentaje de humedad y capacidad de retención de agua:** Los Gráficos 8 y 9 indican que la humedad disminuyó, sin establecer diferencias entre tratamientos y sin estar por debajo del 35 por ciento, considerado como punto crítico para



la vida de los microorganismos. La CRA mostró una leve disminución en el segundo período, no obstante, aumentó en el tratamiento del Producto Y, lo que pudo deberse más a la variabilidad de la muestra, que a una respuesta del medio. No hay diferencia significativa entre los tratamientos. La pila de referencia arrojó valores para

el porcentaje de humedad de 47,6 y 48,2 por ciento y de 1,8, para la retención de agua; ambos a los 45 y 60 días, respectivamente.

- **Contenido de pH:** El Gráfico 10 muestra las variaciones en su contenido, donde al finalizar el proceso, cada tratamiento pasó de una actividad neutra a alcalina, sólo el tratamiento tes-

tigo presentó un leve descenso, al pasar de 7.8 a 7.4, ello puede deberse a la variabilidad derivada de la propia muestra. Los resultados no mostraron valores por debajo de 6.5, el cual afectaría la actividad de las bacterias, no hubo tampoco una diferencia significativa entre tratamientos. La pila de referencia muestra valores de 10.3 y 10.3, para 45 y 60 días respectivamente.

- **Conductividad:** El Gráfico 11 muestra un leve aumento para todas las muestras, lo cual se considera como normal cuando el proceso de compostaje aún no ha alcanzado su total madurez. Los tratamientos no muestran diferencias significativas. La pila de referencia presenta valores de 4.3 y 3.8, a los 45 y 60 días, los cuales tampoco varían sustancialmente de los encontrados por tratamiento.
- **Relación C/N:** El Gráfico 12 muestra que todas las relaciones establecidas a los 15 días, son mayores que aquellas encontradas a los 30 días, lo que refleja un comportamiento lógico en el diagnóstico del laboratorio. Si se toma como parámetro una relación de 20 – 30 nitrógeno por uno de carbono, se puede indicar que a todos los tratamientos les falta tiempo para consumir el carbono existente aun en las pilas. No hay diferencia estadística entre tratamientos. La pila de referencia presenta una relación C/N de 44 y 40.6 unidades, para 45 y 60 días, mostrando diferencias con los tratamientos mencionados anteriormente, ésta es debida principalmente a la valoración del porcentaje de nitrógeno, que está muy por debajo de los anterior-

res, las cuales pueden ser explicadas por la naturaleza del mismo aserrín empleado en el proceso.

- **Capacidad de intercambio catiónico:** El Gráfico 13 presenta el resultado para las diferentes muestras de productos finales en los tratamientos, se aprecia que la pila correspondiente al número 2310 (testigo) tiene 65 meq/100g, sin embargo, es importante considerar que las diferencias entre los tratamientos no son consistentes, razón por la cual no se puede considerar como el mejor tratamiento. La pila de referencia mostró a los 45 y 60 días respectivamente, valores de 51.9 y 57.8 de CIC, los cuales no difieren de los tratamientos evaluados.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- **Temperatura:** No mostró beneficios en las propiedades físico – químicas de los tratamientos y tampoco una diferencia en el diagnóstico de microorganismos.
- **Contenido de CO₂:** Fue notoria la diferencia de concentración del gas carbónico en las pilas de ambas fincas, observándose que en Asturias se presentó un mejor comportamiento de las pilas, gracias a su mayor actividad aeróbica, la cual estuvo entre 0 a 8 por ciento, por el contrario, en la finca Santillana prevalecieron malos olores, característico de una actividad anaeróbica, que presentó siempre valores por encima del 15 por ciento de CO₂.
- **Relación C/N:** Su índice establece en buena medida las condiciones de mejoramiento del

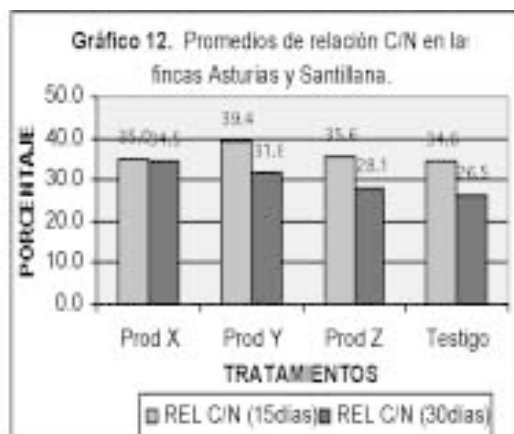
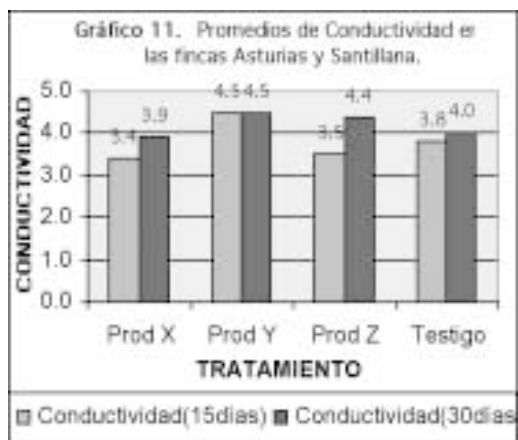


Gráfico 13. Capacidad de Intercambio, para las diferentes muestras evaluadas a los 15 días.

compost; las pilas iniciaron con 40 a 70 unidades a los cero días, pasados 30, 45 y 60 días, se obtuvo una relación de 30 a 40 unidades, concluyendo que aun existe en el sistema suficiente carbono orgánico que sirve como componente energético para las bacterias.

- **Elementos nutricionales:** Comparando el contenido de nutrientes (Tabla 6) obtenido en el ensayo (compost Unibán), respecto de otros compostos enriquecidos comercialmente (Gallinaza y Abono), el primero muestra diferencias adversas en todos los elementos y sólo el potasio, tiene niveles porcentuales semejantes a los reportados por los materiales comerciales. Igualmente, si se comparan los promedios de diferentes compostajes de residuos orgánicos

(Fenavi) con el compost de Unibán, ambos mostraron leves diferencias entre los elementos citados, salvo el potasio, que presenta una diferencia lógica entre éstos, debido a la alta cantidad del nutriente en el banano.

- **Volteos:** No se encontraron diferencias físico-químicas e incluso microbiológicas en las diferentes fincas y pilas analizadas, cuando éstas fueron volteadas una, dos o más veces por semana.
- **Fitotoxicidad y germinación:** Ninguna de las pilas analizadas mostró toxicidad, por efecto de microorganismos patógenos o sustancias inhibidoras del desarrollo radicular, tampoco hubo diferencias en la longitud del tallo en *Raphanus sativus*.

Tabla 6. Elementos nutricionales en el compost (banano y vástago) Vs Materiales comerciales.

ELEMENTO	COMPOST UNIBAN	GALLINAZA COMERCIAL	ABONO COMER.	GENERAL FENAVI	FERTILI ABOTEK
PH	8 – 10	-	-	7.3	
C %	30 – 40	21.15	20.3	19.6	
N %	0.9 -1.2	3.46	3.4	1.1	14
C/N	30 – 40	7.84	5.97	17	
P % (P205)	0.4 - 0.6	3.59	4.34	0.9	4
K % (K2O)	3 – 4	3.46	3.11	0.6	23
Humedad	70 – 80	16.2	8.95	35.6	

5.1 Recomendaciones

- ELABORACION DE LAS PILAS: Como no hubo una marcada diferencia de orden físico, químico y biológico, en los análisis de laboratorio mostrados en cada uno de los tratamientos evaluados en las fincas Santillana y Asturias, se sugiere elaborar pilas sin la aplicación de ningún tipo de microorganismo foráneo.
- VOLTEOS: Se recomienda dos por semana.
- INFRAESTRUCTURA: Para asegurar una infra-

estructura suficiente, que facilite volteos frontales de las pilas y una conservación del espacio límite entre cada una de ellas, se requiere de un área aproximada de 8 m² por pila de 1 a 2 toneladas y con la suficiente caída para recolectar los lixiviados emanados del material en descomposición.

- ASERRÍN: Se sugiere trabajar con 4 a 5 por ciento, para lograr una relación C/N más ajustada a los niveles reportados por la literatura.

FICHA PARA LA ELABORACION DE SEMICOMPOST	
PARAMETROS	CANTIDAD
FISICO-QUIMICOS	
Temperatura proceso	55-65 °C
Temperatura final	35-40 °C
Contenido CO ₂ (Inicial)	> 15 %
Contenido CO ₂ (Final)	0-5 %
Relación C/N (Inicial)	50 -70
Relación C/N (Final)	25-35
Conductividad	3.5-4.5
CIC Total	50-60 meq-100g
pH (Inicial)	9-10
pH (Final)	7-9
Carbono	30-40 %
Cenizas	11-13 %
Retención humedad	1.8-2 ml/g
Humedad (Inicial)	80 %
Humedad (Final)	60-70 %
NUTRICIONALES	
Potasio	3-4 %
Nitrógeno	0.9-1.2 %
Fósforo	0.4-0.6 %
INFRAESTRUCTURA Y MATERIALES	
Tiempo compostaje	30 días
Cantidad de vástago picado	300 - 600 kg.
Cantidad de rechazo picado	650 - 1300 Kg
Aserrín	4 - 5 %
Volteos	2 por semana
Area Construcción	8 m ²
Piso	Cemento
Techo	Zinc
Altura	Mínimo 5 m.

Banco de semillas de poaceas en un agroecosistema de banano y su relación con el potencial regenerativo

Seed bank of poaceae and its regenerative potential in the banana agroecosystem

L.W. Acosta¹ y R. Aguero²

RESUMEN

En la finca San Pablo, Matina, Costa Rica, se hizo un estudio por dos años, con el objeto de cuantificar el tamaño del banco de semillas de poaceas y su relación con el potencial regenerativo. Para tal efecto, en una plantación de banano var. Gran Enano fueron extraídas 126 muestras de suelo de las hileras y rodajas del cultivo. Cada muestra fue homogenizada y fraccionada en dos partes iguales. Una parte fue tamizada para determinar el tamaño del banco de semillas y en la otra se cuantificó el potencial de regeneración. Los resultados indican diferencias del tamaño del banco semillas entre hileras y rodajas (DMS, $p < 0.05$). En el banco fueron registradas cinco especies de poaceas como dominantes, a saber: *Paspalum conjugatum*, *Panicum zizanoides*, *Panicum thricoides*, *Cynodon dactylon* y *Digitaria sanguinalis*. El tamaño del banco fluctuó entre 973 y 2235 semillas/m². Una correlación positiva se obtuvo entre el tamaño del banco y su potencial regenerativo para las especies *P. conjutatum*, *P. zizanoides* y *D. sanguinalis* ($p < 0.001$); mientras que para las otras especies no se obtuvieron diferencias. Estos resultados ayudan a entender la diversidad y el componente activo de poaceas asociadas al agroecosistema banano para un futuro manejo racional.

ABSTRACT

A two year study was conducted at Finca San Pablo, Matina, Costa Rica, to quantify Poaceae seed bank size and its regenerative potential. It has been taken 126 samples from a banana agroecosystem (ten year old var. Gran enano). Samples were subdivided, one half was used to record seed numbers while the other half to study regeneration. Seed bank size was different between row spaces and surrounded banana plant (LSD 0,05). The main species found in the bank were: *Paspalum conjugatum*, *Panicum zizanoides*, *Panicum thricoides*, *Cynodon dactylon* and *Digitaria sanguinalis*. Seed bank size varied between 973 and 2235 seeds/m². A positive correlation was found between seed bank size for *P. conjutatum*, *P. zizanoides* and *D. sanguinalis* ($p < 0.001$), whereas none existed for other species. This study could eventually support a more rational approach to manage weeds in banana plantations.

I

INTRODUCCIÓN

La cantidad y la composición de semillas en el suelo es un reflejo de la vegetación establecida. El banco de semillas constituye el potencial para el establecimiento de las comunidades de plantas y además es un indicador de la diversidad y densidad de poblaciones de las especies presen-

tes. *et al.* (1989) opinan que si una semilla de maleza es introducida en un determinado lugar y llega a establecerse y producir semillas, estas constituirán una parte importante del banco. La habilidad para producir sus semillas bajo condiciones adversas y la capacidad de éstas para subsistir en el suelo año tras año son dos características que

1. Prefectura Departamental, Tarija, Bolivia. lacosta@cariari.ucr.ac.cr

2. LAMA-CIPROC. Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Universidad de Costa Rica, San José - Costa Rica. raguero@cariari.ucr.ac.cr

permiten a muchas malezas la sobrevivencia. Por lo general, hay una enorme cantidad de semillas en el suelo, muchas de ellas que están enterradas mueren a los pocos años, mientras que otras pueden permanecer viables por décadas (Benoit et al. 1992).

Buhler et al. (1997) opinan que la meta principal en la investigación del banco de semillas es la de desarrollar estrategias de manejo integrado de malezas. En general, las investigaciones del banco están basadas en la distribución y densidad de las especies de malezas y en predecir la relación entre las densidades del mismo y la emergencia de las plántulas. La flora poacea representa a las principales malezas asociadas al agroecosistema banano y su control es esencial para mantener la calidad y los rendimientos del cultivo. Pero a pesar del esfuerzo y las recurrentes medidas que se realizan para eliminarlas, estas continúan interfiriendo con la actividad agrícola. Por lo anterior, existe la necesidad de explorar nuevos métodos y el banco de semillas de malezas en el suelo es el recurso primario de las futuras poblaciones de malezas; conocerlo provee una herramienta valiosa, para apoyar su manejo racional.

En el cultivo de banano en Costa Rica, se realizan aplicaciones recurrentes con herbicidas como Glifosato, paraquat y glufosinato y controles físicos como la chapea. Estas prácticas se realizan anualmente con intensidades de hasta 12 veces por año y aún así, el problema persiste. Eso ocurre a través de una retroalimentación de un reservorio ilimitado de semillas que existe en el suelo. En la actualidad existe poca información del banco de semillas para el agroecosistema del banano, y ninguna para Costa Rica.

El objetivo de este trabajo fue determinar del tamaño del banco de semillas de poaceas y cuantificar su potencial de regeneración en el agroecosistema banano en el trópico húmedo de Costa Rica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El trabajo se realizó en la finca San Pablo, de CORBANA (Cantón Siquirres, Distrito Pacuarito), ubicada en 28 Millas de la provincia de Limón, Costa Rica. Según el sistema de zonas de vida de

Holdridge (1979) esta región se clasifica como bosque tropical húmedo, con una precipitación anual que fluctúa entre los 3.500 y 4.000 mm. La temperatura y la humedad promedio anuales son de 25 °C y 85 % respectivamente.

Metodología

La recolección de muestras para la cuantificación del banco de semillas se inició en noviembre del 2000, en una plantación de banano de 10 años de edad (var. Gran enano). Se escogió un área de 8379 m² y se eligieron dos hábitat, a saber:

1) Espacio entre unidades de producción :

Denominado también espacio entre calles o hileras, es la distancia existente entre cada unidad de producción, en este lugar la vegetación acompañante al banano está expuesta a las condiciones de manejo agronómico que se realizan como prácticas normales durante el proceso productivo; como es el deshojado; las hojas del cultivo de banano. cubren la vegetación predominante en forma de parches.

2) Semi-luna de la rodaja en frente del hijo de espada:

En este hábitat la vegetación acompañante se encuentra presente alrededor de la unidad de producción, específicamente frente al hijo de espada. En este sitio la vegetación recibe periodos continuos de fertilización, que se realiza como una práctica normal del cultivo. La vegetación existente en este sitio también está expuesta al disturbio por el manejo que reciben las unidades de producción. En cada hábitat se seleccionaron 63 sitios de muestreo, los mismos fueron elegidos al azar y luego definidos como puntos fijos. En noviembre del 2000, en los puntos de muestreo seleccionados, se realizó la toma de muestras de suelo, para tal efecto se utilizó un cilindro metálico diseñado con un área de 25 cm² x 15 cm de profundidad, luego cada muestra de suelo fue homogeneizada varias veces y fraccionada en dos partes iguales, una parte de la muestra fue puesta en macetas de 12.5 cm² de área x 12 cm de alto para cuantificar el potencial de regeneración y otra parte de la muestra fue transferida para luego determinar el tamaño del banco a bolsas de polipropileno debidamente codificadas.

Determinación del tamaño del banco de semillas

Para separar las estructuras reproductivas de las especies, cada muestra fue pasada por 3 tamices de diferente diámetro (0,15; 2,0 y 4,0 mm), contruidos de malla metálica. Las partículas de suelo adheridas a los propágulos, fueron disgregadas con agua a presión. Luego los propágulos, biomasa y resto de escombros que permanecieron en los tamices fue cuidadosamente recolectados con espátulas y colocados en bolsas de polipropileno debidamente codificadas. Estas muestras se trasladaron al laboratorio y se almacenaron en una cámara a una temperatura de 4 °C y a oscuridad continua, para mantener las turgencia y sanidad de las estructuras reproductivas. Periódicamente, la muestras fueron puestas a secar en papel absorbente bajo condiciones ambientales de temperatura y luz por el periodo de 48 hrs. y luego transferidas a sobres de papel; luego dichas muestras, de manera fraccionada fueron colocadas en platos petri de base cuadrículada. El conteo de propágulos previamente identificados se realizó bajo estereoscopio binocular de 50 X, para tal efecto se utilizó una pinza metálica y bisturís, el conteo se realizó siguiendo los recuadros correspondientes del plato petri y luego registrados y transformados a metro cuadrado para su posterior análisis e interpretación.

Potencial de regeneración del banco

Inmediatamente recolectadas las muestras de suelo, seccionadas y transferidos a potes de área conocida, fueron llevadas a invernadero y colocadas en forma aleatoria para determinar el potencial de regeneración de dicho banco. Dichas muestras, fueron colocadas bajo condiciones de humedad, temperatura y luz, similares a las del agroecosistema bajo estudio.

Cada 30 días, se procedió a la cuantificación e identificación taxonómica de las plántulas y brotes emergidos sobre la superficie de las muestras, para lo cual se utilizó una pinza para extraer la plántula o brote emergido con su estructura reproductiva adherida a la misma. Luego de una identificación preliminar, las plántulas y brotes fueron transferidos a otras bandejas para su identificación final. La cuantificación del potencial regenerativo de las especies en este experimento se llevó a cabo por un periodo de 12 meses. Para el análisis e in-

terpretación los datos fueron transformados a individuos por metro cuadrado. Para el análisis estadístico se utilizó un prueba de "T" al 5 % de probabilidad, para comparar el tamaño del banco entre hábitats; además, se realizó un análisis de regresión simple para correlacionar la densidad de propágulos existentes en el banco con respecto a su potencial de regeneración para cada especie. Dicha correlación se realizó mediante el siguiente modelo de ecuación:

$Y = A + B(X)$ donde:

A= variable independiente (banco de semillas)

B= variable dependiente (potencial de regeneración)

X = variación, con efecto en la variable dependiente

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron diferencias en la densidad del banco entre las rodajas y las hileras del banano ($p < 0.05$) (Cuadro 1). En el banco se registraron las siguientes especies: *Paspalum conjugatum*, *Panicum zizanioides*, *Panicum thricoides*, *Cynodon dactylon* y *Digitaria sanguinalis*. El tamaño del banco se cuantificó en 973 a 2235 semillas /m² para las rodajas y para las hileras del banano respectivamente.

La densidad de plántulas emergidas fue de 153 a 412 /m² para rodajas e hileras respectivamente (Cuadros 2 y 3). En las rodajas las especies con mayor tamaño en el banco fueron *P. conjugatum* y *P. zizanioides* 256 y 252 respectivamente y el componente activo de las mismas fue de 14 y 20 % en el mismo orden. Las especies con menor tamaño en el banco para este hábitat fueron *C. dactylon* y *P. thricoides*. En las hileras las especies con mayor tamaño en el banco fueron *P. zizanioides*

Cuadro 1. Tamaño del banco de semillas /m² en las rodajas e hileras del agroecosistema banano (2000-2002).

Especies	Rodajas	Hileras	P
<i>Paspalum conjugatum</i> 256	322	*	
<i>Panicum zizanioides</i>	252	767	*
<i>Panicum thricoides</i>	150	300	**
<i>Cynodon dactylon</i>	80	490	**
<i>Digitaria sanguinalis</i>	235	356	*
Total	973	2235	

*= significativo ($p < 0.05$; test "T")

des, *C. dactilon* y *D. sanguinalis*, mientras que las especies con mayor potencial regenerativo fueron *P. conjugatum* (30 %), *D. sanguinalis* (25 %) y *P. zizanooides* (18 %). *C. dactilon* y *P. thricoides* mostraron un banco de semillas elevado pero con una emergencia entre 7-16 % respectivamente (Cuadro 3). Al respecto Acosta y Agüero (2001) registraron poblaciones superiores de *P. zizanooides* y *P. conjugatum* en las hileras. Los resultados obtenidos en este trabajo nos explican la dominancia de poaceas que se establecen en las hileras del agroecosistema banano como *P. conjugatum* y *P. zizanooides*.

En el análisis de regresión lineal realizado, la densidad del banco representa la variable independiente mientras que la densidad de las plántulas emergidas la variable dependiente. En las figuras 1a, 1b y 1c se observa una correlación positiva ($p < 0.001$) para *D. sanguinalis*, ($R^2 = 0.74$; $p < 0.001$) *P. zizanooides* ($R^2 = 0.82$; $p < 0.001$) y *P. conjugatum* ($R^2 = 0.89$; $p < 0.001$), lo cual se sugiere que a medida que se incrementa el tamaño del banco de semillas de estas especies la regeneración de sus

plántulas también incrementa. Se deduce entonces que el componente activo del banco tiene una influencia significativa en la regeneración y establecimiento de las especies mencionadas. Un incremento de la lluvia de semillas de estas especies provocaría cambios significativos en la abundancia de las plántulas. Para las especies *C. dactilon* y *P. thricoides* no se obtuvo una correlación entre sus estructuras reproductivas sexuales y la emergencia de sus plántulas; o sea que el incremento del tamaño del banco no provoca cambios en la emergencia de sus plántulas; probablemente pesan más otros componentes bióticos y abióticos. En este caso la emergencia de las plántulas depende de la interacción de diversos factores como son las características intrínsecas de las semillas (longevidad), condiciones ambientales (temperatura, luz, agua intercambio gaseoso), actividad biótica como bacterias, hongos, predadores y alelopatía. Swanton y Shrestha (2002) consideran que la intensidad y la manera en la cual estos factores interactúan depende de la condición de la semilla (maduración, tamaño, tejidos, daño) y su localización en el suelo en un sitio seguro.

CONCLUSIONES

El banco de semillas de poaceas como *D. sanguinalis*, *P. conjugatum* y *P. zizanooides* dependen para su regeneración, de su ingreso al banco como lluvia de semillas, mientras que las otras especies como *C. dactilon* y *P. thricoides* en su establecimiento y regeneración dependerán de otros factores. Los resultados muestran, que el banco de semillas es un indicador de la densidad y diversidad de malezas y un componente integral en el establecimiento de la flora espontánea asociada al banano.

LITERATURA CITADA

- ACOSTA, L.; AGÜERO R. 2001. Levantamiento taxonómico y densidad de la flora vascular asociada al agroecosistema banano (*Musa AAA*) en el trópico húmedo de Costa Rica. Presentado en la XLVII Reunión del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Animales 2-6 de abril del 2001. San José Costa Rica.
- BENOIT, D.L.; DERKSEN, D.A.; PANNETON, D. 1992. Innovative approaches to seedbank studies. *Weed Science* 40: 660-669.
- BUHLER, D.D.; HARTZLER, R.G.; FORCELLA, F. 1997. Implications of weed seed bank dynamic to weed management. *Weed Science* 45 : 329-336.
- HOLDRIDGE, L. 1979. Ecología basada en zonas de vida. San

Cuadro 2. Relación entre el banco y su potencial de regeneración de las principales especies asociadas en las rodajas del banano (2000-2001).

Familia	Especies	Banco/m ²	Reg/m ²	% de emergencia
Poaceae	<i>D. sanguinalis</i>	235	40	17
Poaceae	<i>C. dactilon</i>	80	9	11
Poaceae	<i>P. zizanooides</i>	252	51	20
Poaceae	<i>P. conjugatum</i>	256	37	14
Poaceae	<i>P. thricoides</i>	150	16	10
TOTAL		973	153	

Cuadro 3. Relación entre el banco y su potencial de regeneración de las principales especies de poaceas asociadas en las hileras del banano (2000-2001).

Familia	Especies	Banco/m ²	Reg/m ²	% de emergencia
Poaceae	<i>D. sanguinalis</i>	356	89	25
Poaceae	<i>C. dactilon</i>	490	35	7
Poaceae	<i>P. zizanooides</i>	767	140	18
Poaceae	<i>P. conjugatum</i>	322	98	30
Poaceae	<i>P. thricoides</i>	300	50	16
TOTAL		2235	412	

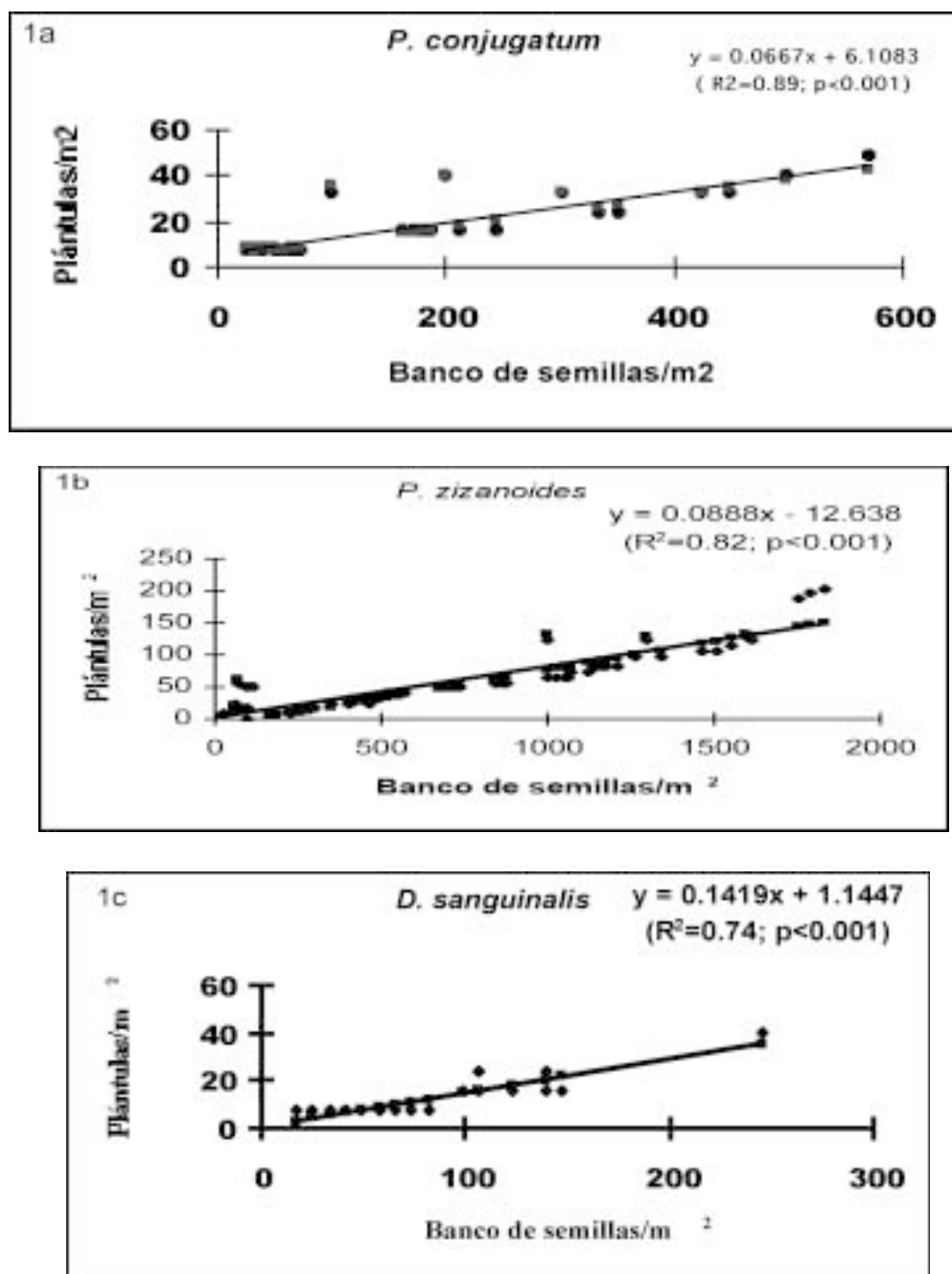


Figura 1. Análisis de regresión entre medias del banco de semillas y emergencia de plántulas de poaceas en el agroecosistema banano. 1^a) *P. conjugatum* ($R^2=0.89$; $p<0.001$); 1b) *P. zizanoides* ($R^2=0.82$, $p<0.001$) y 1c) *D. sanguinalis* ($R^2=0.70$; $p<0.001$)

José, Costa Rica. IICA. 216 pp.

PARKER, V.T.; SIMPSON, R.L. Y LECK, M.A. 1989. Pattern and process in the dynamics of seed banks. Ecology of soil seed banks (Eds M.A. Leck, V.T. Parker y R.L. Simpson), pp. 367-

384. Academic press, San Diego.

SWANTON, C.J.; SHRESTHA, 2002. Tillage, soil and weed seed bank dynamic. <http://www.ontariocorn.org/magh301pag28.htm>.

Principles of Integrated FARM Management (IFM) and their application in Banana Plantations.

Principios de dirección de cosecha integrada y su aplicación en las
plantaciones bananeras.

Peter J. Edwards

ABSTRACT

IFM is a whole farm system, which involves managing crops and livestock profitably but with respect for the environment, in ways that suit local soil and climatic conditions and safeguard the farm's natural assets in the long term. It is a practical approach to meet the requirements of sustainable agriculture, ensuring that the key social, economic and environmental elements are satisfied. IFM is not a rigidly defined form of crop production but a dynamic system, which is constantly adapted to make sensible use of the latest research, technology, advice and experience. The principles of IFM can be adapted for any cropping system. This paper is designed to highlight the main principles of IFM, the potential benefits and how they may be applied in banana production in the humid tropics. It draws upon recent work conducted by Syngenta and its collaborators.

RESUMEN

IFM es todo un sistema para fincas que involucra manejo de cosechas y ganado de forma lucrativa, pero respetando el ambiente, de forma que satisfacen la tierra y las condiciones climáticas y resguarda los recursos naturales de las fincas por largo tiempo. Esta es una práctica que se orienta a reunir los requisitos de una buena agricultura, asegurando que las áreas sociales, económicas y ambientales sean satisfechas. IFM no es una forma rígidamente definida de producción de cosecha sino más bien un sistema dinámico, el cuál se adapta constantemente para asegurar un uso más eficiente de las investigaciones, tecnología, consejos y experiencias más recientes. Los principios de IFM pueden ser adaptados a cualquier sistema de cosecha. Este reporte esta diseñado para resaltar los principios más importantes de IFM, los beneficios potenciales y cómo pueden ser estos aplicados en la producción de banano en los climas de trópico húmedo. Este estudio reciente esta conducido por Syngenta y sus colaboradores.

I

INTRODUCTION

IFM is a whole farm system, which involves managing crops and livestock profitably but with respect for the environment, in ways that suit local soil and climatic conditions and safeguards the farm's natural assets in the long term. It is not a rigidly defined form of crop production but a dynamic system, which is constantly adapted to make sensible use of the latest research, technology, advice and experience. IFM is a practical approach to meet the requirements of sustainable agriculture, ensuring that the key social, economic and environmental elements are satisfied. The system does not provide rigid

operational procedures but depends on knowledge and full understanding of the interaction and processes involved in farm management.

The IFM wheel (Fig.1) originally called the Integrated Crop Management (ICM) wheel was developed by LEAF (Linking Environment and Farming) to demonstrate that different farming inputs are interactive and that the whole can have a greater influence than the sum of its parts. The change from 'Crop' to 'Farm' Management seemed more appropriate for the farm-scale management.

The remaining paper presents a description of the IFM wheel compartments with some examples, with particular focus on the management of wildlife

* Syngenta. Health Assessment and Ecological Safety Unit, Jealotts Hill International Research Centre, Bracknell, Berkshire, RG42 6EY, UK. Tel: (44)-1344-413970; Fax: (44)-1344-455629 E-mail: peter.edwards@syngenta.com

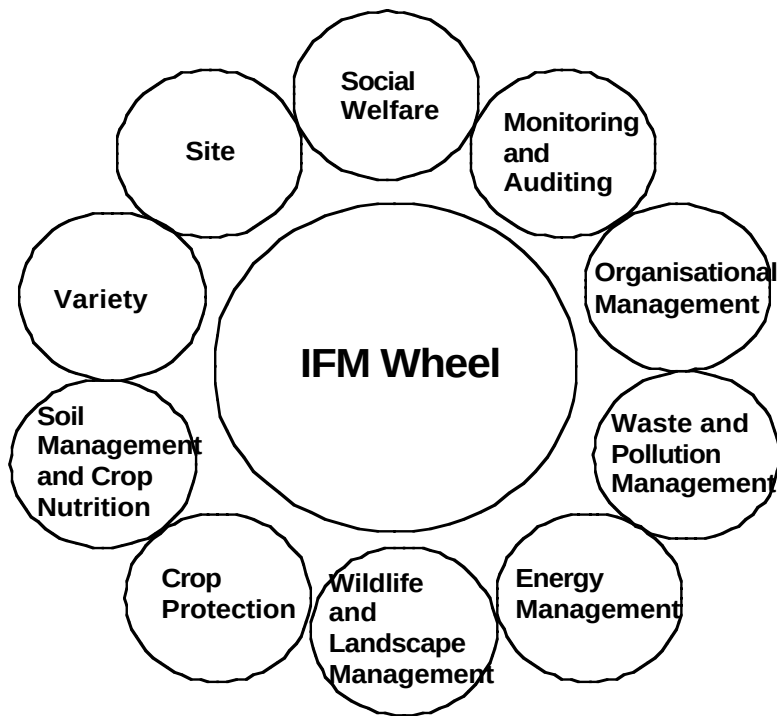


Figure. 1. Integrated Farm Management (IFM) Wheel

and biodiversity. All examples are from banana plantations in Costa Rica.

MONITORING AND AUDITING

Monitoring refers to a routine checking process against defined objectives and targets. For example, this includes the scouting for nematodes, weevils and other insects, or diseases such as Sigatoka. It could also refer to quality inspection of harvested banana, or the sampling of water to check for pesticide or fertiliser contamination.

Auditing is a more formal procedure, which takes place periodically to evaluate performance and verify standards across a range of plantation activities. It is a rigorous process which is documented and which would normally result in a programme of improvements. Auditing in a banana plantation might cover safety standards in pesticide storage and application, or a detailed analysis of the wildlife populations of the plantation.

The achievement of accreditation according to ISO 8000 and 14001 implies that monitoring and auditing procedures are already in place.

ORGANISATIONAL MANAGEMENT

Organisational management implies the application of sound management principles to plantation activities, such as objectives setting, planning, time management, training, technical information and advice, monitoring and record keeping. A management structure with general manager and foremen should be in place to ensure that all operations and activities can be managed and overseen adequately. Effective communications are also an essential component of organisational management in a large enterprise, involving all of the plantation's stakeholders (i.e. employees, shareholders, neighbours, general public, customers, consumers).

WASTE & POLLUTION MANAGEMENT

The management of on-farm waste production to minimise the risks of all forms of pollution can be prioritised into 5 basic mechanisms: avoidance, minimisation, reuse, recycling and disposal. Primary sources of waste and pollution associated with banana production are organic matter (bana-

na waste), non-degradable waste (plastic) and chemical waste (pesticides and fertiliser). The use of these mechanisms are demonstrated below for fruit:

1. Avoid and minimise banana unfit for export by careful handling, transport and attention to pest control;
2. Find alternative uses for banana unfit for export;
3. Recycle banana waste by composting in plantations where possible;
4. Dispose of banana waste in contained areas if composting is not possible.

ENERGY MANAGEMENT

The energy balance on the farm can be improved by increasing the efficiency of use of fossil fuels on the farm and where possible seeking renewable alternatives. Banana production is not an energy-intensive industry. Much of the effort required in the plantation is carried out by hand. Nevertheless the consumption of non-renewable forms of energy should be reviewed to ensure that it is being deployed efficiently. Renewable forms of energy (e.g. solar power) could substitute for other forms of electrical power.

WILDLIFE & LANDSCAPE MANAGEMENT

This entails the conservation and enhancement of natural features and wildlife habitats on the farm and the management of crop production in as sensitive a way as possible.

Agricultural development has put considerable pressure on wildlife habitats worldwide. Wildlife and landscape management provides the opportunity to minimise this impact. This is especially relevant for banana production in the humid tropics because it is a zone of potentially high biodiversity in an area once occupied by lowland rainforest. The present landscape mosaic in the banana region of Costa Rica consists of plantation crops, grassland and isolated rainforest fragments with many rivers running through this zone from the mountains to the Caribbean coast, where there are some large rainforest reserves.

First it is very important to

1. Identify the wildlife and landscape features that are most important to manage from a local, regional and global perspective;

2. Produce and implement a plan with advice from wildlife experts;
3. Finally try to monitor habitat development and the wildlife response if possible.

1. Identify wildlife and landscape features

The rainforest fragments still contain a high diversity of endemic species of global importance. For example research funded by Syngenta has shown that over 200 species of birds are associated with habitats adjacent to banana (Matlock *et al*, in press), of which endemic rainforest species and migrants are probably the most important from a global conservation perspective. In the plantations themselves a diverse community of organisms and microbial processes has developed. The same Syngenta funded research has revealed there are typically about 145 species of parasitoid wasps and 60 species of ants (Matlock and de la Cruz, in press) in banana plantations, together with very active decomposition processes driven by micro-organisms and invertebrates such as millipedes. Below are the most important ecological features that have been identified in, and adjacent to, banana, and the activities that are recommended to maintain and preserve these features:

- Biodiversity in forest fragments - protect and connect forest fragments;
- Biodiversity and water quality associated with the drainage canals – introduce indigenous plants along drainage canal;
- Biodiversity and recreation around buildings - plant shade trees with connecting forest fragments in mind;
- Biodiversity and ecological function within the plantation – ensure safe use of pesticides and recycle harvested banana products in the plantation.

2. Produce a plan

Wildlife and landscape management is a long-term commitment and requires a carefully considered plan. It is important to seek advice from organisations with experience and expertise in this area. For example, in Costa Rica organisations like CORBANA and the Organisation for Tropical Studies (OTS) have expertise in this area and can provide advice. The following areas should be addressed:

2.1 Forest fragments

The most important landscape management practice that promotes biodiversity is the protection, enlargement and connection of forest fragments by establishing forest corridors, especially along rivers and drainage canals. Firstly, forest fragments on or adjacent to the farm must be identified, followed by a plan to connect and improve their quality. Forest fragments should be protected from further development and extended if possible where land is poor for growing crops, or where forest will protect against riverbank erosion. Fragments should be connected by continuous forest strips at least 20m wide along rivers and in other areas where possible. As strips get larger their quality for wildlife is likely to improve. Many rivers do not have continuous forest strips, and addressing this should be a priority. Projects to extend and connect forest should consider the most appropriate species to plant, their availability and the development of an under storey. Some forest and under storey species will regenerate naturally if the plantings are managed carefully. Consider the opportunities for working with neighbouring landowners to increase the scope of a landscape plan.

2.2 Canals

The network of canals on the farm and throughout the plantation will offer further potential benefits for wildlife through the planting of trees, shrubs and ferns to create a canopy over the water. The plants need to be compatible with the size of the drainage channel and the height of the surrounding banana plants. The canopy will create an improved refuge for wildlife, will intercept spray to reduce the amount of chemical entering water, and reduce canal bank erosion. It is advisable to seek local advice on the appropriate species to establish these canopies.

2.3 Shade trees

Shade trees can be grown in recreation areas, around buildings, and along roads on the farm, also with a view to connecting forest fragments. If the species of trees are selected carefully they can be very attractive for wildlife. Again it is advisable to seek local advice on the choice of indigenous species for their wildlife and recreational value. For

example, certain fruiting species are very attractive to birds.

2.4 Safe Pesticide Use

It is important that approved pesticides are used, that application recommendations are followed and plantation workers are well trained to avoid unnecessary risk to wildlife and prevent the build up of pest resistance. As a result of careful pesticide use, despite intensive crop management in banana production, many species of wildlife have been observed in banana plantations, especially associated with decomposing banana plants after harvest, the drainage canals and their banks, and the adjacent forest fragments.

3. Monitor habitat development and the wildlife response if possible.

The value of the landscape and wildlife management can only be measured by reviewing the progress of conservation plans and monitoring intermittently over a series of years. Sustained or increasing biodiversity is the best indicator of successful implementation. Indicator species may be identified for efficient monitoring.

CROP PROTECTION

Management strategies should keep pests levels below economically damaging thresholds using the most appropriate methods, through Prevention, Observation and Intervention.

Prevention

There are no opportunities for crop rotation in banana and currently few options for the use of resistant varieties for commercial production. In the future, Genetic Modification (GM) may confer cultivar resistance to the key fungal pathogens such as sigatoka, although such varieties are not expected to be available in the short term. Adequate monitoring programmes should be established. There are many natural control agents in banana and suitable habitats (refugia) should be developed where possible.

Observation

Monitoring for diseases, nematodes, Ceramlaia (leaf defoliator), banana bunch pests, banana borer and weed spectrum is important to see if they

approach economic thresholds before intervention with appropriate pesticides. When available, forecasting systems and prediction models should be used as and when appropriate for insects and diseases

Intervention

An analysis of the intervention options should be carried out to ensure that a safe but effective option is selected. Pesticides should only be applied when the thresholds are exceeded and the timing of applications with respect to i.e. rainfall and pest vulnerability must be considered. Fungicides, as well as being one of the major expenses of banana growing, have the potential to cause contamination of surface waters and carefully controlled and monitored programmes are essential. It is important to follow resistance management guidelines to preserve the useful lives of valuable crop protection compounds. The use of GPS, used in most large commercial plantations, improves the accuracy of aerial applications and ability to avoid buffer zones etc. Experienced, well-trained staff or professional contractors must be used for the application of nematicides because they have high acute toxicity. Effective pesticides with the lowest ecological risk should be used. Limited use of specific foliar insecticides such as *Bacillus thuringiensis*, has largely allowed natural populations of parasitoids to control lepidopteran defoliators in banana. Similarly, insecticide-treated bags are a targeted way to control banana bunch pests with least impact on parasitism and other natural control agents. When pest pressure is low, untreated bags should replace treated bags.

SOIL MANAGEMENT & CROP NUTRITION

The management of soils to achieve optimum fertility and long term sustainability should be achieved by conserving and enhancing the biological activity of the soil with particular regard to pH, nutrient status, soil structure and the prevention of erosion.

It is important to analyse and map plantation soils to be aware of the characteristics of each soil type and to develop appropriate management strategies (pH adjustments, fertiliser applications). Apply fertilisers at the optimum timing agronomically and coordinate with weather

(rainfall) patterns to ensure minimal leaching and runoff. Suspected nutrient deficiencies should be confirmed by soil/tissue analysis before corrective nutrient applications are made. All banana plant material (unless diseased) should be allowed to degrade on the soil surface in the plantation to return nutrients.

High rainfall means that plantations are at risk from soil erosion and the leaching of nutrients and pesticides into rivers. Drainage should be maintained to ensure that water dynamics of the plantation are optimised for banana production. Growing indigenous plant species like *flemingia*, and *soto caballo* along canal banks has benefits for not only erosion control and spray interception but to also encourage biodiversity. Ground cover can be managed with cover crops or non-systemic herbicides used to lower the risk of soil erosion. Non-systemic herbicides allow this because they do not kill the roots of perennial weeds.

VARIETY

Different crop varieties provide a means for the grower to select characteristics/traits, which are suited to local conditions and the customer's needs, for example selecting varieties with pest resistance or quality traits.

The fruit of the banana is seedless. This has been achieved through producing sterile triploid hybrid plants. As a consequence, conventional plant breeding is impossible and this has limited the ability to produce many different varieties. Only one important variety, "Cavendish", is grown for export because it ripens relatively slowly. The development of GM technology will remove this limitation and it will be possible to confer many beneficial traits such as disease resistance, (thereby reducing the number and type of pesticide applications required) better ripening characteristics (potentially bringing new varieties and flavours to the market) and improved nutritional quality (e.g., enhanced vitamin content for a healthier diet). In these ways GM techniques can bring economic, environmental and social benefits.

CROP ROTATION

Crop rotation in combination with crop variety can be used to reduce pest impact, and enhance

soil conservation, management of labour, ecological diversity and flexibility of market options.

There is limited potential for crop rotation in long-lived plantation crops. Banana plantations typically last for 20 years on suitable soils without replanting unless pest control fails. When pest control fails it is advisable to put land into fallow, plant a different crop, or use for forest restoration.

SITE

The site has a unique set of characteristics, which cannot be changed, such as topography, climate and soil type. These should be suitable for sustainable crop production. In addition, the site may need fundamental infrastructure to function such as a transport system, packing shed and housing.

Banana is grown best under constant warm conditions (25-35°C) to allow continuous harvesting throughout the year. These conditions are provided in Central America under humid tropical conditions with an annual rainfall of 2,500-3,000mm evenly distributed throughout the year. Banana farms need well-drained soils because plants do not thrive if the roots are frequently waterlogged. Drainage is provided by a complex network of small to large drainage canals. Soil type is important if plantations are to persist. Soils are typically 'andisols' with a sandy loam texture.

Access to a road system is necessary for the transport of bananas to ports; proximity to an airstrip is important for pest control since most of the fungicides are applied by air. Housing and associated infrastructure for farm workers are important because about 200 people will work on the average farm. Proximity to other farms allows for some facilities to be shared, such as schools and the airstrip.

The site also influences the opportunity for wildlife and landscape management through the proximity of forest fragments, reserves and rivers (see section on Wildlife and Landscape management).

SOCIAL ASPECTS/WORKER WELFARE

It is widely acknowledged that banana plantations have a major responsibility for the so-

cial welfare of their workers and (because a high proportion of the workers and their families are housed on the plantation) for the workers' families too. The minimum extent of these responsibilities is determined and regulated by legislation, although many plantation companies exceed these minimum levels.

Education

Many plantations offer at the very least primary education for children of staff and provide assistance with secondary education too, perhaps by way of the provision of transport to the nearest secondary school. Enlightened plantations may also provide "plantation education" for children. This might cover aspects of banana growing but, more importantly, cover the hazards that children might encounter in the plantation.

Health monitoring and treatment

Plantations provide medical facilities with a clinic and dispensary manned by a nurse and at prescribed times by a doctor. The clinic is capable of dealing with day-to-day health matters of the whole plantation population including the families of workers. It will provide periodic health checks of workers to ensure fitness for work to treat physical injuries and to monitor the effects of exposure to pesticides.

Accommodation

Plantation companies often provide accommodation. Housing for families will comply with minimum quality standards determined by government and by the company itself. The housing is sited to ensure that it does not interfere with the activities of the plantation, nor should plantation activities (e.g., pesticide applications) affect the housing areas. Suitably specified buffer areas should be maintained between housing and banana fields.

Recreation/sport

Recreation and sport is not necessarily regarded as being essential for the social and cultural welfare of staff and families; nevertheless recreation and sporting areas are often provided and are considered to make a positive contribution to the health and morale of staff.

Income and finance

Banana production is regarded as being amongst the more arduous of occupations. It is not however regarded as being amongst the best rewarded. The industry has contributed much to the economic and social development of the areas where it is based and there is a demand for employment in the industry. While wages do not compare favourably with those in the USA or Europe, it is fairer to compare with other local wage structures and also to take into account the many benefits provided by the banana plantations to their employees (as described here). Employees may also be provided with housing loans if they wish to construct their own dwellings away from the plantation

Protective equipment

In addition to training and education, workers should be provided with suitable personal protective clothing and equipment (PPE). Many workers may be involved with the handling of pesticides and they will need to be equipped with PPE as indicated on the product labels. In addition they should be trained to understand the hazards of their work and how and when to use the equipment. The use of PPE should be monitored to ensure that it being used correctly. PPE should be checked for wear and damage at regular intervals and replaced when necessary.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

This review has identified that many decisions made by banana growers in Costa Rica have a very good fit with IFM even in the absence of any formal training. This has probably arisen through the need to manage challenging economic, social and environmental issues.

In addition IFM provides a framework for multi-stakeholders to work together on improving social, environmental and economic conditions relevant to banana production (and other crops/cropping systems). This should encourage a common understanding by all stakeholders and allow better communication and sharing of knowledge to improve all aspects of Sustainable Agriculture.

For those growers interested in working to IFM principles the next steps would be 1) set up some training for plantation managers to help learn and practice using the principles and 2) identify which social, environmental and economic improvements are needed and work through the IFM process.

REFERENCES

- Matlock R. B; Rodgers D. W; Martin S. G; and Edwards P. J. (in press). Birds in forested habitats associated with banana plantations. In *Agriculture, Ecosystems and Environment*.
 Matlock R. B and de la Cruz (in press). An Inventory of Parasitic Hymenoptera in Banana Plantations under Two Pesticide Regimes. In *Agriculture, Ecosystems and Environment*.
 Matlock R. B and de la Cruz (in press). Ants as Indicators of Pesticide Impacts and Agroecosystem Integrity in Banana. In *Agriculture, Ecosystems and Environment*.

Banatura: Programa de gestión social y ambiental del sector bananero colombiano

Banatura: Social and environmental management program of colombian banana sector

M. Londoño, M. Osorno*, J. Vélez*, F. García*, M. Montoya* y U. Olaya**

RESUMEN

En la producción bananera tradicional de Colombia sobresalen situaciones socioeconómicas particulares y algunas actividades de manejo del cultivo, como responsables en gran medida de la pérdida de competitividad del sector; vistas estas últimas a la luz de las nuevas exigencias del mercado donde se hace énfasis en el respeto al ambiente, cuidado del ser humano y a la equidad social. Estos aspectos han creado la necesidad de reorientar la producción bananera actual de forma ordenada hacia la sostenibilidad del cultivo. Por ello, los productores agremiados en AUGURA (Asociación de Bananeros de Colombia) en conjunto con el SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje) han constituido un equipo de trabajo que aborda siete líneas fundamentales en el Programa denominado BANATURA, el cual involucra 20 fincas cada semestre en la región de Urabá – Colombia, que son evaluadas y cuantificadas en un sistema de indicadores de construcción dinámica que permiten observar sus avances en el programa.

ABSTRACT

In the traditional banana production of Colombia there are particular socio-economic situations and some activities of handling of the plantation, that participate in a great extent of the loss of competitiveness of the sector; take in these last ones into account to the light of the new exigencies of the market that emphasizes in the protection in the environment, take care of the human being and the social equity. These aspects have created the necessity to reorient the present banana production in order to obtain the sustainability of the plantation. For that reason, the growers associated in AUGURA (Colombian Banana Growers Association) altogether with the SENA (learning governmental institute) have created a Program named BANATURA with a technical team that includes seven fundamental lines of work. This program involves 20 banana farms each semester in the region of Urabá – Colombia, that are evaluated and the results are quantified in a system of indicators of dynamic construction which allow to watch their advances in the program.

INTRODUCCIÓN

Bajo las condiciones actuales de desarrollo del país, no es un hecho desconocido que la producción agropecuaria en Colombia, contribuye de manera importante en el deterioro ambiental, debido a las circunstancias en las cuales se ha venido haciendo y creciendo (Ocampo, 2001). Sin embargo, debe de reconocerse el esfuerzo de varios sectores de la producción en los que se desarrollan prácticas dirigidas a mitigar los impactos generados en el proceso productivo, con miras a obtener una agricultura más competitiva, bajo los esquemas de productividad y protección del am-

biente, que son exigidos cada vez con mayor rigor en los mercados internacionales.

El trabajo que se viene realizando con el ánimo de cumplir con estos nuevos esquemas de producción, tiene en cuenta en gran medida los principios propios que hacen referencia al término sostenibilidad, definición que aborda los aspectos ambientales, sociales y económicos comprometidos con la producción. En este proceso, como resultado adicional, se crea la posibilidad de ofrecer productos a un precio justo, esperando que sean más apetecidos por el mercado nacional e internacional.

* Programa de Gestión Social y Ambiental, BANATURA, Carepa, Antioquia, Colombia. Tel: (54) 8236602; Fax: (54) 8236606; E-mail: mlondono@augura.com.co

Precisamente, uno de los cultivos del país que está apuntando hacia el objetivo de reorientar su producción dentro de los parámetros de sostenibilidad es el sector bananero colombiano, el cual cuenta en la actualidad con 40.801 hectáreas en producción concentradas principalmente en dos zonas: Urabá, con 344 fincas y 30.801 hectáreas y Santa Marta, con 900 fincas y 10.000 hectáreas (AUGURA, 2001).

Para comprender las circunstancias que crean la necesidad de reorientar la producción de banano en Colombia, se deben conocer los principales aspectos que han influido drásticamente en la pérdida de competitividad del sector. En primer término, la inestabilidad social que ha caracterizado las zonas productoras de banano de exportación del país, ha sido la causa de sensibles disminuciones de los niveles de producción; ejemplo de esto fue la violencia que en la región de Urabá se evidenció durante la década de los 80's y que se extendió hasta mediados de los 90's generando "abandono" por parte de los empresarios, pasando de 2.100 cajas/ha/año en ese entonces a 1.600 cajas/ha/año, en promedio (AUGURA, 2000).

Los otros aspectos a los cuales se le atribuye la responsabilidad de la pérdida de competitividad tiene que ver con las actividades relacionadas con la agroindustria que son cuestionadas por la posibilidad de generación de impactos ambientales negativos y por poner en peligro la sostenibilidad del cultivo a largo plazo, tales como el uso inadecuado de agroquímicos, el mal manejo de los suelos, la producción de residuos sólidos, la contaminación de las aguas, la destrucción de ecosistemas, la generación de una alta accidentalidad en las fincas, entre otros. Estos cuestionamientos, la mayoría de las veces, han surgido a raíz de exigencias de calidad y compromiso ambiental, pedidos por sectores de consumidores y comercializadores del producto e incluso por disposiciones gubernamentales.

Este panorama de pérdida de competitividad, justifica el esfuerzo del sector bananero, en conjunto con el Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, de establecer por intermedio del Programa de Gestión Social y Ambiental "BANATURA" un proceso de reconversión de la agroindustria bananera en términos de sostenibilidad, buscando mejorar la competitividad del sector, con capacitación, asesoría y seguimiento constante en las fin-

cas productoras de la fruta.

Esta búsqueda de prácticas productivas sostenibles en la agroindustria bananera, se realiza a través de un conjunto de estrategias de capacitación teórico - prácticas, que posibilitan un cambio de conducta, para la utilización de forma sostenible y eficiente de los recursos naturales. Para lograr este cometido se propende por cumplir con los siguientes objetivos:

Reducir los impactos ambientales negativos y potenciar los impactos positivos de la agroindustria bananera; mejorar la calidad de vida de los trabajadores bananeros; disminuir costos de producción de la actividad; establecer un programa de extensión permanente para transferir las mejores prácticas, según las líneas de trabajo desarrolladas por BANATURA; crear y mantener en AUGURA un banco de información con registro de indicadores ambientales y sociales; elaborar documentos de mejores prácticas, que permitan difundir entre los productores bananeros y ante la opinión pública en general, los avances logrados en la gestión ambiental y social de las fincas.

Para el cumplimiento de estos objetivos, debe considerarse que la instrucción se apoya en la realidad de las fincas bananeras, a través de una transferencia de conocimientos dirigidas a establecer prácticas ambientales adecuadas, que permitan preparar al bananero colombiano, frente a los retos del mercado mundial, un mercado que cada vez es más exigente en términos de organización y amigabilidad con el ambiente y que será de libre acceso para el año 2006, tal como lo señala la aprobación del Consejo de Ministros de Agricultura de la Unión Europea en reunión celebrada el 19 de diciembre de 2000.

MATERIALES Y MÉTODOS

BANATURA no es un sello ni un programa de certificación ambiental. Desarrolla sus actividades a través de trabajo de campo, basado en la cultura de la medición, el registro permanente de indicadores y la adopción de mejores prácticas, contando con el Centro de Investigación del Sector Bananero Colombiano - CENIBANANO como el soporte técnico en la toma de algunas de sus decisiones.

Para el desarrollo de las actividades previstas en el Programa se definieron siete líneas, que a través de un trabajo integral e interdisciplinario le apun-

tan a la sostenibilidad del cultivo, son ellas: Manejo de Agroquímicos, Manejo de Aguas, Adecuación de Suelos y Drenajes, Manejo y Recuperación de Residuos Sólidos Biodegradables y no Biodegradables, Biodiversidad y Reforestación, Salud Ocupacional y Saneamiento Básico.

El programa Banatura inició sus actividades en mayo de 2001, con un grupo de 20 fincas de la zona de Urabá, que manifestaron su interés de hacer parte del programa, aportando información e interviniendo en las diferentes actividades establecidas. Cada seis meses se incluye un nuevo grupo, previendo la inclusión de todas, en un lapso de ocho años.

El cumplimiento de las actividades se desarrolla con base en el trabajo de consultores expertos, nacionales e internacionales, según las líneas de trabajo, quienes, acompañados de profesionales de apoyo, realizan diagnósticos que definen el estado actual de cada una de las fincas; construyen indicadores ambientales y sociales; dictan conferencias y seminarios; realizan reuniones periódicas con los empresarios y trabajadores; y elaboran documentos de experiencias exitosas para facilitar su réplica, luego de ser avaladas, económica y técnicamente.

La información recolectada en las fincas se maneja en una base de datos, que permite generar reportes individuales y consolidados de todas las fincas, mediante gráficos de tendencias e indicadores, permitiendo la observación periódica de informes individuales (cada finca) y consolidados (para las 20 fincas), donde se muestra el comportamiento de los indicadores de cada línea.

Las actividades se desarrollan a través de varias etapas, las cuales se entrecruzan en un proceso dinámico de construcción constante, característico del Programa. Inicialmente se recolectan datos generales de las fincas, que son discutidos para elaborar el informe diagnóstico, el cual se soporta fundamentalmente en la presentación de indicadores individuales y colectivos por cada una de las líneas. Luego de discutir el informe diagnóstico, se elaboran documentos con las recomendaciones específicas por línea y para cada finca.

A través de las etapas de diagnóstico y recomendaciones se observan las posibles mejores prácticas, a las cuales se les hace un estricto seguimiento y análisis en términos económicos y técnicos.

Posterior a la entrega de las recomendaciones

a corto, mediano y largo plazo, se lleva a efecto el seguimiento, que al ser cruzado con el informe diagnóstico, permite definir los avances de cada una de las fincas y su relación con las demás.

Es de resaltar que para el programa juega un papel importante las capacitaciones tanto teóricas, que corresponde al 20 % de la intensidad total y las prácticas que corresponde al 80 %. Las temáticas se desarrollan de modo que sea posible el entendimiento de todos los participantes con el apoyo de la retroalimentación proveniente de los mismos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado de la observación y del diagnóstico de las fincas bananeras de Urabá, zona en la que inicialmente se adelanta el programa BANATURA, se han encontrado aspectos que son motivo de preocupación y de cuestionamientos ambientales, pero que permiten la sensibilización y el afianzamiento de las estrategias conducentes a reorientar la producción bananera en términos de sostenibilidad.

Es así como, en la zona productora de banano, de la misma manera como ocurre en la mayoría de los cultivos, se presenta que bajo las particulares condiciones ambientales, los fenómenos meteorológicos y en gran medida por desconocimiento, los agroquímicos se dirigen a sitios no blanco en forma difusa o estos, permanecen sin asimilarse, transformarse o eliminarse, lo cual puede generar efectos negativos (contaminación) en los individuos que están tanto dentro como fuera de los procesos de producción agrícola, así como a los ecosistemas naturales e hidrobiológicos, a la flora y la fauna, coincidiendo con la afirmación de Carlson y Wetzstein (1993) citados por Ministerio del Medio Ambiente y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (1998).

Estas condiciones de manejo están siendo modificadas y prueba de ello es que gracias al empeño de las personas que toman las decisiones y que laboran en el cultivo se viene trabajando en búsqueda de la racionalidad en el uso de productos, con la consecuente reducción de los costos de producción del cultivo y de la disminución en la exposición por parte de los operarios a los productos empleados.

Durante el tiempo de duración del programa BANATURA, en lo que hace referencia al manejo

de agroquímicos, como prueba de lo anterior, específicamente a los tratamientos de pudrición de corona y control de malezas, se ha pasado de sólo cinco fincas representado en un 39,8 % utilizando cámaras de aplicación de fungicidas sin recirculación de mezcla, a nueve fincas con un 46,5 %; y de nueve fincas con aplicación de herbicidas algunas de forma generalizada sin proteger coberturas nobles y con uso de productos incluidos en las Categorías Toxicológicas I o II con el 56,9 % a sólo una con estas características representando un aumento en el porcentaje del indicador al pasar a 75,8 %.

En lo que tiene relación con el manejo de suelos y drenajes, en la mayoría de las fincas bananeras analizadas, este no ha alcanzado el nivel técnico y de conocimiento necesario para considerar los criterios enmarcados dentro de la concepción de producción sostenible, siendo este manejo de tipo tradicional con base muchas veces en criterios poco técnicos y definidos, constituyéndose con su eficiencia en factor decisivo en el deterioro físico de los suelos y de los ríos de la región, en los que se descargan gran cantidad de sedimentos fruto de la actividad bananera, por citar solo dos ejemplos.

A pesar de ello, se considera que se ha avanzado en términos de amigabilidad con el ambiente y por consiguiente en la búsqueda de la sostenibilidad del cultivo ya que se han registrado importantes avances, dentro de los cuales se destacan los siguientes: cinco fincas con el mantenimiento de aproximadamente el 100 % del área cubierta o protegida con coberturas nobles, tanto en canales como en plantación, el resto fluctúan entre un 40 % y 80 %, en 19 de las 20 fincas se están adelantando programas de descompactación de suelos, con adición de materia orgánica como método de mejoramiento de las propiedades físicas de sus suelos, en las 20 fincas se está recuperando el polipropileno enterrado y por último en la totalidad de las fincas se esta avanzando hacia la consecución o la utilización de las herramientas necesarias para la implementación de la agricultura de precisión.

En cuanto a la generación de desechos, la actividad bananera produce grandes cantidades de residuos sólidos degradables y no biodegradables, representados en unas 250.000 toneladas anuales de banano no exportado y unas 137.000 tonela-

das de vástagos (Gómez, 2000), para hablar de los residuos orgánicos, los cuales por su cantidad fueron otrora un problema ambiental, debido a que se acostumbraba disponerlos a cielo abierto y en botaderos no autorizados, generando focos de contaminación para las aguas superficiales y subterráneas, entre otros impactos negativos asociados a su inadecuado manejo.

En la actualidad se ha observado mejoría en este aspecto ya que las fincas habilitan mediante procesos de compostaje el 60 % de la fruta de rechazo, para ser aplicada a la plantación como enmienda orgánica para mejorar las condiciones del suelo. El porcentaje de vástago esterillado en campo es del 91,9 %.

Por otro lado, en esta región se genera gran cantidad de residuos no biodegradables principalmente plástico (polietileno y polipropileno), los cuales, además de ejercer una gran presión a los rellenos sanitarios y botaderos a cielo abierto, se fueron acumulando con los años en los suelos de las plantaciones, causando problemas al sistema radicular del banano y pérdidas de unidades de producción por el estrangulamiento de plantas.

Con el esfuerzo realizado en el proceso de re-direccionamiento de la producción bananera en este campo, se encuentran como resultados destacables que el porcentaje de recuperación del polipropileno viejo (enterrado), en el grupo de 20 fincas logró una mejoría, pues al inicio del programa las mismas registraban un porcentaje de recuperación de nylon de 49 % y hoy este valor aumento a 64,3 %. El 100 % de las fincas tienen establecido un programa de recuperación del polietileno y el polipropileno durante la cosecha de la fruta, el cual es entregado a recicladores de la zona, actividad entorno a la cual se viene dinamizando el reciclaje del plástico.

En la región de Urabá, donde se produce el 70% del banano exportado por Colombia, se utilizan grandes volúmenes de agua para el desarrollo de ésta actividad; aunado a la alta tasa de utilización del recurso, va el fenómeno de contaminación al que se ven abocados los ríos de la región, dados los contaminantes y partículas sólidas que se vierten a ellos.

De las 20 fincas del programa sólo dos (10 %) tratan las aguas residuales del proceso de lavado del banano, es decir, que en este campo, que además, es donde mayores contaminantes se generan

dentro del proceso agroindustrial, todavía queda por efectuar una ardua labor con el fin de disminuir los contaminantes, representados por una alta carga orgánica y de sedimentos, que se vierten a las aguas superficiales. Actualmente siete fincas, por intermedio del Programa, se encuentran en proceso de diseño para la construcción del sistema de tratamiento requerido para mejorar la calidad de los vertimientos.

En lo referente al uso eficiente y al ahorro del agua los resultados y avances del grupo de fincas del programa se miden con el indicador de litros de agua por caja empacada, el cual registraba un valor de 58,8 y luego de las gestiones realizadas por el equipo técnico de BANATURA y la voluntad de los productores para mejorar en éste aspecto, involucrando estrategias como mejoras en las prácticas de lavado del banano, recirculación y reutilización del agua, se ha reducido en el momento hasta 54,3 litros de agua por caja empacada.

Es notorio resaltar que el número de unidades de tratamiento para el vertimiento de aguas residuales domésticas se incremento en un 14,3 % al pasar de 15 a 18 fincas y que la tasa de tratamiento aumentó al pasar de 69,1 % a 74,2 %, lo cual significa una reducción teórica de la contaminación de 462,8 a 154,8 Kg DBO₅/semestre.

De otra parte, con la observación realizada a las fincas bananeras se han evidenciado las "huellas" dejadas por la actividad, al encontrar aspectos que trascienden los límites de las mismas, tal como es manifiesto en la deforestación generada al proveer madera con distintos fines, como construcción de estibas, torres o postes para los cables de transporte interno del banano y puentes sobre canales, entre otros. Prueba clara de este impacto son las estimaciones de demandas de madera que se tuvieron para el lapso 1991-1995, donde se calcularon unos requerimientos para la agroindustria bananera de 12 millones de estibas y 160.000 postes (Echeverry y Gómez, 1991), donde básicamente se empleó madera proveniente de los bosques de la región, especialmente cativo (*Prioria copaífera*) para estibas, y choibá (*Dipteryx panamensis*) y Olleto (*Lecythis* sp.) para torres.

Adicionalmente se ha detectado la carencia de información básica sobre los diferentes niveles de la biodiversidad del eje bananero de Urabá, partiendo del hecho que las especies de fauna y flora

son desconocidas a todo nivel, siendo muy parcial o inexistente la literatura que proporcione datos básicos sobre estos seres (Mejía, 1997).

A pesar de lo anterior, dentro de los logros que a la fecha se pueden cuantificar, están los avances obtenidos por la mayor parte de las fincas en un período inferior a seis meses, las cuales, en promedio, aumentaron la calificación en 8,3 % en reforestación de cercas exteriores y vías interiores; 3,3 % en reforestación de áreas de protección de cauces naturales; 15,5 % en reemplazo de maderas nativas por materiales alternativos en torres y puentes y 9,5 % en reforestación y manejo paisajístico de las áreas comunales. Lo anterior se traduce en un aumento en número de metros lineales reforestados, incremento de la diversidad de especies presentes en diferentes áreas de las fincas (cercas exteriores, vías interiores, áreas de retiro de corrientes naturales de agua y zonas ornamentales), aumento de las áreas de retiro de ríos, caños y quebradas, disminución de compra de madera nativa, incremento en el área de las fincas dedicada a ornamentación y paisajismo, entre otros.

Por último, cabe resaltar que en las empresas bananeras históricamente ha habido, en forma general, un bajo desarrollo de la salud ocupacional, evidenciado en la falta de programas en las empresas, carencia de personal en el área y desconocimiento por parte de trabajadores y empleadores de la normatividad en materia de salud ocupacional y riesgos profesionales (Comité Regional de Salud Ocupacional de Urabá 1994, 1998).

En este tema algunos avances son claros, tal como lo muestra la conformación de Comités Paritarios de Salud Ocupacional (COPASO), en el cual se incrementó de 8 a 13 fincas; toma de datos y registro actualizado de accidentalidad y ausentismo, al pasar de 11 a 14 fincas y la dotación adecuada de elementos de primeros auxilios, pasando de 7 a 15 fincas.

Ha sido notorio el esfuerzo que las empresas bananeras han hecho y están haciendo en Urabá por tener buenas instalaciones locativas de su empacadora, por contar con sanitarios, duchas, lavaderos, lava-botas y casinos con la capacidad y con las especificaciones indicadas. No se tiene un estudio o registro aún que ilustre con cifras este proceso en su conjunto, pero con el primer grupo de fincas del programa BANATURA se demuestra la importancia que se le está dando al saneamien-

to básico en las mismas.

En el diagnóstico se observó un porcentaje de cumplimiento en Saneamiento Básico de 32,5 % y el último seguimiento se obtuvo un 47,1 %, de acuerdo al instrumento de evaluación de la línea. Estos valores reflejan el paso de 5 a 9 fincas con casero adecuado; el incremento de 5 a 8 fincas con unidades sanitarias; suministro de agua potable de 2 a 5 fincas y en el programa de orden y mantenimiento pasar de 3 a 6 fincas.

CONCLUSIONES

El productor bananero Colombiano es cada vez más conciente y reconoce la necesidad de velar por la sostenibilidad del cultivo y de atender el contexto ambiental - normativo existente en el ámbito nacional y mundial, analizando la demostración de prácticas adecuadas al estado tecnológico actual del cultivo y a las exigencias internacionales, para lo cual considera entre otros aspectos:

La racionalidad del consumo de agroquímicos y disminución de la exposición a estos insumos; implementación de tecnologías que permitan proteger el suelo de la erosión y redireccionamiento hacia la agricultura de precisión; implementación de estrategias como la recirculación, reúso y reutilización del agua que disminuyen el consumo; sistemas de tratamiento de aguas residuales que disminuyen la carga de contaminantes al ambiente; recuperación, reúso, revalorización y reciclaje de residuos sólidos; recuperación de los materiales biodegradables y la habilitación de los residuos orgánicos como enmiendas orgánicas para mejorar las condiciones del suelo; conocimiento, promoción y respeto de la biodiversidad circundante; y mejoramiento de las condiciones de salud y de bienestar laboral de los trabajadores bananeros.

El programa BANATURA ha permitido el intercambio de información entre productores, motivando la observación dinámica, la crítica construc-

tiva y el acompañamiento del sector a las prácticas que van en búsqueda de la sostenibilidad del cultivo.

RECONOCIMIENTOS

El Programa BANATURA hace público reconocimiento al Servicio Nacional de Aprendizaje, por la convicción y compromiso manifestado al velar por la continuidad del Programa.

Igualmente el Programa BANATURA reconoce a todos los trabajadores, administradores y propietarios de cultivos bananeros por su valiosa colaboración a lo largo del proceso de crecimiento, fortalecimiento y maduración del Programa.

LITERATURA CITADA

- AUGURA. Productividad Zona de Urabá 1974- 2000. Comercializadoras de Banano, AUGURA. 2000
- AUGURA. Coyuntura Bananera Colombiana. 2001
- CARLSON, G. and WETZSTEIN, M. Pesticides and pest management. In: Agricultural and Environmental Resource economics. Carlson, Ziberman and Miranowski. Oxford University. 1993.
- COMITÉ REGIONAL DE SALUD OCUPACIONAL DE URABÁ. Diagnóstico de la Situación de la salud ocupacional de Urabá. Documentos no publicados de 1994 y 1998.
- ECHEVERRY R. Y GÓMEZ H. Urabá: potencialidades y restricciones biofísicas para el desarrollo regional. INER – Corporabá. Medellín, 1991. 51 pp.
- GOMEZ, L. J. S. Primer seminario taller de producción limpia en el cultivo del plátano y banano. Armenia, Quindío. 2000.
- MEJIA MESA, G. Augura: Plan de Investigación Cenibanano Siglo XXI. En: Bananos y plátanos con el mejor entorno ambiental. Editado por Robayo Vanoy. Santafé de Bogotá (Colombia), 1997. COMINPU. p. 1-13.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Lineamientos de política ambiental para el subsector de los plaguicidas. Documento preliminar. Santafé de Bogotá. Junio 4 de 1998. 55 pág.
- OCAMPO DUQUE, N. Sello Verde: Herramienta de Gestión Ambiental y Mercadeo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Trabajo de grado presentado para optar al Título de Especialista en Gestión Agroambiental. Medellín, 2001. 115 pag.

Manejo del suelo para el cultivo del banano

Ana Primavesi*

R ESUMO: Suelo sano – planta sana – hombre sano

No existe una planta sana sin suelo sano. Y un suelo sano siempre es bien agregado, permeable para aire y agua. Isto es lleno de vida. Y la vida aerobia del suelo necesita de materia orgánica como alimento. Con poca o ninguna materia orgánica el suelo desagrega, es duro y anaerobio, pierde su nitrógeno y muchos iones nutritivos son reducidos, isto es, pierden su oxígeno y se ligan a hidrógeno, forma en que no son más nutrientes pero tóxicos para las plantas., sin embargo aparecen aún en las análisis del suelo como nutrientes. En suelo compactado la planta siempre será mal nutrida y enferma. La utilización de defensivos químicos o orgánicos para el combate de hongos, bacterias y insectos puede conseguir hojas libres de parásitos, pero la planta continua enferma. Plantas sanas no pueden ser parasitadas. Parásitos son la “policia sanitaria” del Planeta y son programadas para determinadas sustancias. Solamente pueden nutrirse de sustancias no acabadas y destruir lo que la naturaleza considera impropio para la vida

Los platanos o bananeros prefieren suelos más arcillosos. que seguran mejor de suficiente humedad., Eles crescen bien en regiones con lluvias bien distribuidas, o con riego bien hecho o con una napa freática elevada. o mismo pantanoso. Neste último caso exigese una buena drenaje.- generalmente por valetas hasta 80 a 100 cm de profundidad -para que las raíces no tienen contacto directo con la agua.. Y estos suelos muchas veces necesitan tambien una corrección del teor en cobre, que en tierras pantanosas puede ser muy bajo. En suelos secos el banano no produce bien.

El mejor control de humedad del suelo se hace en presencia de materia orgánica..En este caso los

bananeros suportan hasta unas semanas sin lluvia o riego, pero exigen lo suficiente en zinc y boro. Zinc es el primer nutriente a faltar en épocas de sequia. Se conoce la deficiencia por las hojas muy rasgadas y hendidas por lo viento y que la hoja más nueva permanece mucho tiempo enrollado y no quiere abrirse..Cuando faltar el zinc aparecen en algunas raíces “rosetas” de radículas (radicales), cada vez que la planta pasa por unos dias de sequia.. Pero despues ella continua creciendo.

Boro contribui para el desarrollo mejor de las raíces, especialmente por su mejor penetración en el suelo. Se ele faltar las raíces son cortas y superficiales y generalmente no salen de la materia orgánica que es en la capa superficial del suelo.

Cuando es necesario de amarrar las plantas una a la otra para no caer, o apoyarlas en estacas entonces puede tener certeza que no hay el suficiente boro en el suelo. En casos de deficiencia grave los bananeros muerren antes de formar su inflorescencia y raramente llegan a hacer racimos de frutas. Generalmente tiene también nematodos en las raíces que se culpan de la muerte de las plantas pero es raro que tiene tantos nemátodos que pudrian hacer danos. Por otro lado el combate de los nemátodos no hace poco o ninguno efecto..

El análisis del suelo o de las hojas no revela mucho, porque cada variedad absorbe de manera diferente y tiene otros niveles de los nutrientes. Puede obtener alguna información útil se hace la proporción entre K : B (mas o menos 35 hasta 100 : 1) y Ca-Mg : K (al redor de 3 hasta 4 : 1) y comparalas con proporciones de plantas sanas y productivas de la misma variedad. Especialmente el potasio hace que las frutas son mas sanas y de mejor conservación, Y la utilización del potasio por la planta depende de la cantidad de boro existente.

* Consultora en manejo sostenible de suelos. Brasil.

Se faltar boro, aparecen en las raíces rosetas de radículas (radicales) pero la punta de la raíz muere y no continua más de crecer, como en la deficiencia del zinc. Se cortar un tronco (tallo) los anillos no son más todos de color verde, pero el segundo anillo parece como lleno de agua y en casos avanzados ya es roto y oscuro.

Cuando la deficiencia aún no es muy grave, el efecto más sensible es que el potasio (K^+) abonado no hace efecto. La planta absorvelo pero no puede utilizarlo. El potasio aparece en cantidad suficiente o hasta elevada en un análisis de hoja, pero las plantas son atacadas por enfermedades y plagas por que no tienen resistencia. Esto ocurre por que la proporción de $K : B$ debería ser p.ex. 50 : 1 pero es 200 : 1 En este caso 150 partes de potasio no pueden reaccionar o sea, la planta no puede utilizarlos. Y no adelanta abonar semanalmente con potasio se no hay el suficiente boro. Cuando se forman frutos, especialmente en el banano manzana, ellos son llenos de "piedras" marrones y en las cáscaras aparece sarna.

En algunas variedades de bananos como de "manzana" la deficiencia de calcio hace muchas flores estériles y los racimos son largos pero los frutos pocos. Muchas veces la hoja nueva, cuando se abre, es de un verde muy claro y es quemado por el sol.

En la naturaleza todo es interligado y interdependiente. Cada factor influye sobre el otro y no hay factores aislados. Esto solamente existe en nuestra ciencia analítica. por que analizase factor por factor pero después esquecese de interligarlos. Trabajando con factores y no con ciclos y sistemas, nunca permite encontrar las causas de los síntomas que aparecen.

Es muy difícil de obtener una biodiversidad de bacterias y hongos en el suelo con monocultivo... por que tanto las excreciones radiculares como la materia orgánica son siempre la misma. Y como los microorganismos son calibrados, a través de enzimas, para una o dos sustancias orgánicas, la misma sustancia orgánica, siempre nutre solamente las mismas pocas cepas de microorganismos que se multiplican mucho, y pueden se tornar parásitas. enfermado las plantas. Esto ocurre especialmente cuando se mantiene el suelo limpio de cualquier maleza usando herbicidas. Especialmente los herbicidas sistémicos no matan las malezas pero enflaquecen sus raíces. Y la entran hongos que ma-

tan las plantas. Utilizando durante años herbicidas sistémicos, también las raíces de los bananeros enflaquecen entrando hongos. No matan las plantas, pero las raíces quedan gruesas y con muy pocos pelos. La absorción de agua y nutrientes es más difícil. Por lo tanto, tiene de abonar con NPK todas las semanas y regar todos los días para mantener los bananos.

Se hay biodiversidad vegetal también hay biodiversidad microbiana. y de esta depende la productividad del suelo. Sin vida diversificada no hay fijación de suficiente nitrógeno, ni movilización de fósforo, de potasio y de micronutrientes dependiendo las plantas de los abonos químicos. Y como estos generalmente suministran solamente 3 elementos (NPK) y no 45 que la planta necesita, muchas sustancias no se pueden formar y los frutos tienen menos sabor, son menos dulces, pero los bananos tienen más enfermedades. La enfermedad es la *Sigatoka* (*Cercospora musae* el nombre que se da para un hongo de los *Ascomycetes*) que existe ya en toda América Latina y Caribe. Su multiplicación ocurre por esporos y la contaminación es favorecida por la humedad del aire. Su combate se hace con agrotóxicos y por la decapación de las hojas enfermas. Pero no se considera que el banano nunca podría ser atacado si las plantas fuesen bien nutridas y con todas sus sustancias formadas. El mejor combate de *Sigatoka* es con materia orgánica diversificada que vivifica el suelo.

Se parte de las frutas es vendida para fábricas, ellos devuelven el bagazo que puede ser compostado, mezclado con 15% de galinacea y 10 hasta 20 % de aserrín y se quiere una descomposición rápida. riega con una solución de 1% de EM-4 (microorganismos eficaces).

Este compost vuelve al bananal. En el primer año aún contiene muchos agrotóxicos. Pero con materia orgánica los bananos son más saludables. No por que reciben los nutrientes de la materia orgánica, pero por que la vida del suelo es cada vez más intensa y diversificada. Cada año siguiente, con más materia orgánica, necesitan menos abonos químicos y menos defensivos, hasta las plantas son casi sanas. La salud total depende de la biodiversidad de la vida del suelo.

No todas las malezas perjudican los bananos y pueden crecer junto con ellos. También pueden implantar mezclas de leguminosas y

hasta gramíneas que crecen en la sombra y no tienen efecto alelopático. También árboles de sombreado pueden ser utilizados que con sus hojas aumentan la capa de materia orgánica sobre el suelo. El problema es de suministrar la mayor cantidad de sustancias orgánicas diferentes, para obtener la vivificación del suelo y la movilización y fijación de nutrientes por bacterias y hongos, y tal vez algas. Con esto se construye la productividad natural del suelo, como se presentaba cuando el terreno fue desmontado. No es necesario que el suelo pierda rápidamente su productividad y fertilidad cuando es rozado y plantado, eso depende solamente de la tecnología utilizada y que, en los trópicos tiene

de ser orientado para la vivificación del suelo.

Como muestran las fotografías "Kirlian" de la aurea magnética de las plantas, estas ya son enfermas antes que los hongos, bacterias y o insectos atacan, y continúan enfermas, mismo si los parásitos fueran removidos. Por otro lado si una planta es sana por causa de una alimentación adecuada, ningún parásito puede atacarla. Y se hace esto muere de indigestión, porque sus enzimas solamente pueden digerir sustancias inacabadas.

Pueden o no pueden hacer agricultura orgánica, o mejor agro-ecología. Pero o que deben hacer de cualquier manera es de recuperar y sanar el suelo, para que la producción es mejor, más alta, más segura _ más barata.

Fertilización orgánica en banano

Organic fertilization in musa spp

Raúl García Pérez

RESUMEN

La contaminación de las aguas freáticas y frutos con sustancias de reconocido efecto genotóxico y el deterioro del suelo derivados de las aplicaciones unilaterales fuertes y sistemáticas de abonos químicos buscando rendimientos elevados y estables de banano en sistemas de explotación intensivos, unido al déficit de recursos fertilizantes financieros para adquirir los mismos, dado su elevado costo, en numerosos países bananeros, se encuentra entre las principales razones que justifican el creciente interés por la implementación de tecnologías más respetuosas del ecosistema y los recursos naturales dentro de un marco de producción sustentable y competitiva. En este sentido se discuten en forma detallada la importancia de la fertilización orgánica en banano en el contexto contemporáneo internacional, su interrelación y necesaria armonía con la fertilización química a partir de resultados concretos obtenidos en el mundo y en Cuba durante 15 años de investigaciones en una red geográfica que incluyó diferentes tipos de suelos y clones comerciales de banano, así como diversos alternativos orgánicos, destacándose las soluciones más universales y promisorias para diferentes regiones del ámbito bananero con énfasis especial respecto a dosis, forma, momento y frecuencia óptimas de aplicación de los alternativos, un diagnóstico automatizado para la programación de las mismas y un análisis de los factores claves en aras de alcanzar el éxito de su empleo en una base científica y económica.

ABSTRACT

Fruit and ground water contamination with known genotoxic substances and soil deterioration derived from unilateral, high and systematic chemical fertilization looking for stable and high banana yields in intensive agricultural productive systems together with the lack of fertilizers and financial support to buy them and their high costs in numerous banana producing countries, are within the main reasons that justify the growing interest to implement the most respectful technologies from the ecosystem and natural resources within a sustainable and competitive production system.

The importance of organic fertilization in the international contemporaneous context is discussed, as well as, its interrelation and necessary, harmony with the chemical fertilization from specific obtained in the world and Cuba during a 15 year-period in a geographical area that included different soil types, banana commercial clones and various organic alternatives. The most universal and promising solutions for different banana producing regions are emphasized with special interest to doses, method, time and frequency of application. An automated diagnostic for planning and analyzing key factors to obtain a successful use on scientific and economic bases is shown.

* Ministerio de la Agricultura, MINAGRI, Ave. de Carlos Manuel de Céspedes y Santa Ana, La HABANA CUBA. Email invit@ip.etcscu FAX 4-2201.

Manejo integrado de plagas del plátano y el banano

*Víctor Manuel Merchán Vargas**

INTRODUCCIÓN

El plátano (*Musa AAB*) y en menor proporción los bananos de cocción (*Musa ABB*) y de postre (*Musa AAA*) son básicos en la dieta alimenticia de los colombianos e importantes para la economía del país. Se cultivan en todo el territorio nacional desde el nivel del mar hasta los 2.000 m de altitud, en un rango de temperaturas entre 17 y 35 °C. Con base en estadísticas del Ministerio de Agricultura en el año 2.000 el país tenía sembradas 376.895 ha de plátano con una producción de 2.682.322 toneladas de las cuales se exportaron el 5.93 %. Con relación al banano en el mismo año se tenían sembradas 41.086 ha en Cavendish con una producción exportada de 1.711.482 toneladas y alrededor de 50.000 ha de cultivos tradicionales para el consumo interno de Gros Michel, Pisang mas (bocadillo) y otros bananos de cocción. Del área cultivada en plátano, el 87 % corresponde a cultivos tradicionales, intercalados principalmente con café y el 13 % a monocultivos tecnificados (Rodríguez et al. 2001). Con excepción de las áreas dedicadas a los cultivos de exportación y a los mercados nacionales exigentes en calidad, la mayor parte del área cultivada en plátano y banano pertenece a pequeños productores, con recursos económicos mínimos, quienes en su mayoría practican una agricultura tradicional, en la cual el manejo de las plagas, se fundamenta en el control natural.

En Colombia, dependiendo de la ubicación y sistema de producción, los cultivos de plátano y banano son afectados por diferentes plagas, entendiéndose como plaga, "cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales" (FAO 1997). En esta conferencia se hace una breve descripción de las plagas de mayor frecuencia e importancia económica en el país, resaltando como

referencia el status fitosanitario del departamento de Caldas y las tácticas o métodos más comunes recomendados para su manejo.

ASPECTOS DE MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS - MIP

La Agenda 21 presentada en marco de la conferencia mundial de las Naciones Unidas sobre ambiente y desarrollo, llevada a cabo en de Río de Janeiro en junio de 1992 consideró la contaminación por pesticidas como amenaza mayor para la salud humana y el ambiente, e identificó al MIP como un elemento clave en el desarrollo de la agricultura sostenible. De una manera simple el MIP puede ser conceptuado como la selección y empleo inteligente del mayor número posible de técnicas apropiadas, mientras no sean nocivas a los humanos, animales, plantas y al ambiente, para reducir y mantener las poblaciones de plagas por debajo de los niveles de daño económico. Actualmente el MIP tiene como fundamento básico una racionalización en el empleo de los productos químicos. El mal uso de estos provoca resistencia a las plagas, eliminación de enemigos naturales, resurgencia de la plagas de manera más intensa, ocurrencia de plagas secundarias con daño significativo en los cultivos, contaminación ambiental, riesgos para la salud de quien los aplica y para los consumidores. La filosofía del MIP no es la erradicación o aniquilamiento de las plagas, es decir 100 % control, sino la reducción de la población de plagas por debajo de un umbral económico. Debe quedar claro que el MIP ofrece a los productores soluciones efectivas, seguras y sostenibles; su éxito se logra en la medida en que haya habilidad para combinar diferentes tácticas o practicas compatibles y aplicables en el agroecosistema, basadas en principios ecológicos, económicos y técnicos (Barreto 2002 ; Frisson, 1999). Para lograrlo es indis-

* ICA Seccional Caldas. Epidemiología Agrícola. A.A. 876 Manizales, Colombia victormerchan@hotmail.com

pensable disponer de suficientes conocimientos sobre las plagas, su biología, hábitos, daño, umbrales de acción, su papel dentro del sistema de producción y las alternativas que permitan prevenir o reducir su población.

PLAGAS DE MAYOR DISTRIBUCIÓN E IMPORTANCIA ECONÓMICA

Sigatoka o Raya negra: Es la mancha foliar más destructiva que ataca el género *Musa* y es causada por el hongo ascomicete *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, cuyo anamorfo es *Paracercospora fijiensis* (Morelet) Deighton. Las características morfológicas de los conidios y conidioforos de este estado, permiten diferenciarlo del agente causal de la Sigatoka amarilla. Los síntomas se caracterizan por la presencia de gran número de rayas y manchas más notorias por el envés de las hojas, las cuales aceleran el secamiento y muerte del área foliar. Ataques severos de la Sigatoka dan lugar a racimos pequeños de menor peso y calidad, con maduración prematura de la fruta y aceleran la degeneración de las plantaciones. En Colombia se encontró por primera vez en Urabá en octubre de 1981. Desde entonces se ha diseminado por todo el país, afectando incluso cultivos localizados a 1.940 m de altitud y desplazando a la Sigatoka amarilla en la mayoría de los cultivos de banano y plátano establecidos por debajo de los 1.200 m de altitud. La rápida diseminación de esta plaga ha sido favorecida por medios naturales como las corrientes de los ríos mediante el arrastre hacia las orillas del material enfermo; por el viento, al dispersar el inóculo proveniente de cultivos con prácticas mínimas de manejo y por el hombre mediante la movilización incontrolada de plántulas y hojas enfermas.

Sigatoka amarilla: Causada por el hongo *Mycosphaerella musicola* Leach (estado anamorfo: *Pseudocercospora musae* (Zimm.) Deighton, es endémica en la mayoría de los cultivos de banano y plátano localizados por encima de los 1.200 m de altitud. Se caracteriza por la presencia inicial de manchas necróticas aisladas bien definidas, rodeadas a veces por un halo amarillo y luego por el secamiento y muerte de la mayor parte del área foliar. En plantaciones sin control y en condiciones favorables, los primeros síntomas en plantas sin parir, se presentan en sentido descendente entre las

hojas 3a y 5a y las manchas entre la 5a y la 7a. La distribución de las lesiones depende de la clase de inóculo. Las ascosporas inicialmente causan infecciones hacia el extremo apical de la hoja. Las lesiones originadas por conidios se presentan en línea a lo largo de la hoja. Los síntomas son generalmente visibles primero en el margen izquierdo como resultado de las esporas que impactan la hoja antes de desenvolverse.

Moko o maduraviche: Causado por la bacteria *Ralstonia solanacearum* (E.F. Smith) Yabuuchi *et al.* 1996, raza 2, es diferente de la marchitez bacteriana, la cual ataca más de 200 especies de plantas (Kelman 1997). En Colombia, el Moko fue observado por primera vez en 1954 en los municipios de Prado y Purificación en el Tolima (Ramírez 1983). A través de los años y por diferentes medios, se ha diseminado por la mayor parte del país. Estudios de caracterización mediante técnicas moleculares de RFLP (poliformismo de longitud de fragmentos de restricción) han demostrado que en el país hay gran variabilidad en los aislamientos de la bacteria, los cuales al parecer también varían en su comportamiento epidemiológico y manejo (Granada 2001). Todos los órganos de la planta desde las raíces hasta el escapo floral pueden ser infectados. Los síntomas varían según la edad de la planta, medio de transmisión y órgano afectado. En plantas en activo crecimiento un síntoma inicial es el amarillamiento de las hojas más jóvenes de la planta seguido por marchitez y secamiento; estas hojas se doblan cerca de la unión entre el pecíolo y la base de la lámina foliar. Los síntomas son progresivos desde las hojas más jóvenes hasta las más viejas. Cuando la infección ocurre a través de insectos o herramientas en el estado de fructificación, las brácteas florales se secan y permanecen adheridas al raquis floral, el cual se necrosa y seca. Los frutos se amarillan y maduran prematuramente presentando una pudrición parda y seca que sólo es visible cuando se parten transversalmente. Los síntomas internos se reconocen en el sistema vascular de raíces, cormos,seudotallos, frutos y raquis floral, mediante lesiones de color amarillo, pardo rojizo y finalmente negro.

Elefantiasis: Este disturbio cuyo agente causal se desconoce, se ha asociado con hongos y fitoplasmas localizados en el sistema vascular, nemátodos del cormo y ectoparásitos de las raíces, bacterias en el rizoma, desbalance nutricional y aún

con ataques de picudo negro (Villarraga y Castellanos 1974; Zárate 1981; Esquivel 1990). La Elefantiasis se caracteriza por engrosamiento exagerado de la cepa o cormo, arrugamiento de las calcetas que lo rodean, seguido por su rompimiento longitudinal y transversal en el punto de unión con el seudotallo. El rompimiento y pudrición de las calcetas continúa de afuera hacia adentro hasta ocasionar la caída del seudotallo; en este estado el cormo que sobresale del suelo, presenta apariencia cónica similar a una piña. Al romperse las calcetas, los haces conductores se oxidan y destruyen, ocasionando amarillamiento, flacidez y muerte de las hojas correspondientes. La mayoría de las plantas no alcanzan a producir racimos de valor comercial. Las plantas afectadas no emiten o producen pocos hijos, que se necrosan y mueren, causando la pérdida total del sitio de siembra. La Elefantiasis fue descrita por primera vez por Essed en Surinam (Stover 1972) en 1911 y luego en varios países de América Central y el Caribe. En Colombia se ha registrado su presencia e importancia económica en la mayoría de las zonas productoras de banano y plátano. Hasta donde se conoce no existen practicas efectivas que permitan la recuperación de las plantas afectadas. Se ha comprobado que el disturbio no se transmite por herramientas infestadas, pero si a través de semilla sana sembrada en suelos infestados. Para prevenir su establecimiento y multiplicación se ha recomendado no utilizar semilla procedente de plantas enfermas, efectuar en forma oportuna las practicas culturales requeridas por el cultivo y erradicar todas las plantas con síntomas característicos en los sitios afectados (Aranzazu y Herrera 1991).

Picudo negro: *Cosmopolites sordidus* Germar, es considerado como la plaga más importante del banano y el plátano en muchos países tropicales y subtropicales. El insecto se encuentra en la mayoría de los cultivos por debajo de los 1.700 m de altitud, siendo el plátano más severamente atacado que el banano. En el país otras tres especies de Coleoptera: Curculionidae también atacan al género *Musa*, pero su distribución y nivel de daño es menor. Las especies son: *Metamasius hemipterus sericeus* (Oliv.) *Metamasius hebetatus* (Gyll.) y *Rhynchophorus palmarum* L. Las larvas del Picudo negro son las causantes del daño. Se alimentan y desarrollan dentro del rizoma o cepa formando galerías o túneles que obstruyen el paso del agua

y los nutrientes. Las galerías son de diámetro variable, según el tamaño de las larvas y se encuentran en cualquier dirección interrumpiendo la conexión entre las raíces y el tallo, además, son la puerta de entrada de otras plagas como el Gusano tornillo (*Castniomera humboldti*), la Lliga estrella-da (*Rosellinia pepo*) y el Moko (*Ralstonia solanacearum*). La plaga puede atacar las plantas en cualquier estado de desarrollo, prefiriendo las adultas en postfloración. En las plantas afectadas hay reducción de crecimiento, amarillamiento de hojas, tendencia al desenraizamiento, volcamiento de los seudotallos, formación de colinos orejones o de bandera, muerte de plantas jóvenes, prolongación del ciclo de producción y reducción en el rendimiento por disminución en el número, tamaño y peso de los racimos. Los ataques más severos se producen en plantaciones viejas, debilitadas por sequías, falta de nutrición y ataque de otras plagas. Plantaciones sin mantenimiento son propicias para la multiplicación del insecto, el cual se adapta mejor en ambientes húmedos y oscuros. Los adultos normalmente salen de noche para alimentarse de residuos vegetales en descomposición y ovipositar. Se movilizan a cortas distancias, rara vez vuelan, son de movimiento lento y simulan estar muertos al ser perturbados.

Gusano tornillo : El *Castniomera humboldti* Boisduval, aunque es una plaga de gran importancia en varias regiones del país, no ha merecido mayor atención, especialmente en cuanto a su manejo por parte de los investigadores. Los adultos son mariposas grandes con alas anteriores de color café, con una banda blanca que las atraviesa diagonalmente y 5 manchas pequeñas, circulares blancas en el extremo; las alas posteriores de color café tienen un triángulo blanco en su parte posterior (Londoño 1997). Los daños a manera de perforaciones, con producción por las planta de una masa gelatinosa, son ocasionados en los cormos y seudotallos por las larvas que pueden alcanzar tamaños hasta de 7.5 cm de longitud. Las larvas jóvenes se alimentan de las calcetas externas de los hijuelos o colinos; a medida que crecen avanzan hacia el cormo y por el centro del seudotallo, formando galerías que pueden impedir formación de racimos. En ataques menos severos las plantas muestran poco desarrollo, hojas amarillentas, reducción en la productividad y mayor susceptibilidad a volcamiento por acción de los vientos.

STATUS FITOSANITARIO DEL DEPARTAMENTO DE CALDAS

Debido a que la mayor parte del plátano y banano que se cultiva en Colombia se produce en las regiones andina e interandina, en la Tabla 1 se presenta como referencia de lo que ocurre en el país, el estado fitosanitario determinado mediante encuestas-diagnóstico en dos zonas productoras del departamento de Caldas (Magdalena medio y zona central cafetera). Las encuestas fueron realizadas por la I.A. Lina María Gómez.

En el Magdalena medio se encuestaron 116 predios localizados entre los 160 y 900 m de altitud, la mayoría de los cuales dedicados a la producción de "Cachaco" (*Musa* ABB) y plátano Hartón; en la zona cafetera se visitaron 187 fincas cultivadas bajo diferentes sistemas de producción con plátano Dominico Hartón, Dominico y banano Gros Michel entre 1.170 y 1.840 m de altitud. Para determinar la prevalencia (porcentaje de fincas afectadas) e incidencia (porcentaje de plantas u hojas afectadas por cada plaga), se evaluaron 6.021 plantas de una población de 49.479 en los predios del Magdalena medio y 18.680 plantas de un total de 208.060 en la zona cafetera. En la primera región el 48.4 % correspondía a monocultivos y el 52.6 % a cultivos intercalados principal-

mente con maíz y cacao, mientras que en la segunda zona, 95.7 % de los cultivos se encontraban intercalados con café y el 4.3 % como monocultivos. Por el conocimiento que se tiene sobre dispersión, comportamiento, pérdidas y costos de manejo, se consideran como plagas de mayor importancia para la zona del Magdalena medio, el Moko, el Gusano tornillo y la Sigatoka negra, mientras que para la zona cafetera, la Sigatoka negra, la Sigatoka amarilla, el Picudo negro y la Elefantiasis. Con respecto a los insectos comedores de follaje representados por los géneros: *Oiketycus*, *Caligo*, *Opsiphanes* y *Sibine*, aunque están presentes en la mayoría de los cultivos, el daño que causan por lo general es mínimo.

TÁCTICAS DE MANEJO INTEGRADO

La planeación y ejecución de un programa MIP en musáceas además del conocimiento inherente con las plagas que se pretenden manejar tiene que estar ligado entre otros factores con: Variabilidad genética del hospedero; sistema de producción; tamaño de la explotación; ubicación geográfica, fisiográfica y altitudinal de los cultivos; clase del producto a comercializar (convencional, orgánico, fresco, procesado) y mercado final de la produc-

Tabla 1. Estado fitosanitario de los cultivos de plátano y banano en el departamento de Caldas (julio – diciembre 2001)

Plaga	Magdalena medio		Zona cafetera	
	Prevalencia	Incidencia	Prevalencia	Incidencia
<i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cubense</i>	4.3	0.3	0	0
<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	100.0	30.1	7.0	24.2
<i>Mycosphaerella musicola</i>	0	0	93.0	18.7
<i>Rosellinia</i> spp.	0	0	0.5	< 0.1
<i>Erwinia chrysanthemi</i> p.v. <i>paradisiaca</i>	5.2	0.4	4.3	< 0.1
<i>Ralstonia solanacearum</i>	10.3	2.6	0	0
<i>Castniomera humboldti</i>	65.5	4.9	0	0
<i>Cosmopolites sordidus</i>	20.7	0.8	80.2	3.9
<i>Metamasius</i> spp.	1.7	0.4	S.I*	S.I
Insectos comedores de follaje	71.6	6.3	75.4	30.7
Virus del mosaico del pepino	10.3	0.7	2.7	< 0.1
Virus del mosaico del banano	1.7	< 0.1	2.7	< 0.1
Elefantiasis	6.0	0.3	32.1	< 0.1
* S.I : Sin Información.				

ción. En áreas libres el manejo directo de las plagas está dirigido a prevenir y evitar su ingreso y diseminación, mientras que en áreas endémicas se busca reducir las fuentes de infección e infestación y las tasas de multiplicación lo cual se puede alcanzar mediante la aplicación individual o combinada entre otras de las siguientes tácticas de control: legal, cultural, biológico, mecánico o físico, etológico genético y químico.

CONTROL LEGAL

Este tipo de control acompañado de campañas de erradicación ha sido una herramienta importante para evitar la diseminación del Moko hacia áreas libres productoras de banano y plátano. En la actualidad el ICA en convenios con AUGURA y ASOHOFRUCOL adelanta proyectos de detección y erradicación de plantas enfermas en las zonas bananeras de Urabá y Magdalena y en las áreas productoras de plátano de los departamentos de Caldas, Meta, Quindío, Risaralda, Tolima y Valle del Cauca. Al detectarse la presencia del Moko se ha aconsejado poner en práctica (Granada 1997) las siguientes recomendaciones: Erradicar las plantas afectadas y las vecinas en un radio de 5 m. Esta labor es dispendiosa, costosa y delicada, por cuanto de la metodología empleada depende que se eliminen o se incrementen los focos. Los racimos infectados se cubren con bolsas plásticas cerradas para evitar contaminación del suelo por lavado bacterial. En ningún caso las plantas se deben fraccionar o repicar sin haberlas tratado previamente. Las plantas a eliminar se inyectan en el seudotallo con una solución de Glifosato al 20 % del producto comercial; la cantidad a utilizar por planta depende del tamaño de la misma, pudiendo variar de 5 a 50 cc inyectando el seudotallo en forma helicoidal. La planta se deja morir en el sitio sin perturbarla, lo cual ocurre en 20 - 30 días, una vez seca se puede quemar. El área erradicada se demarca con alambre de púas o una cinta plástica para evitar la libre movilización de personas. A esta área cuarentenada sólo puede entrar el personal entrenado encargado de su manejo. Cuando el área es pequeña, se mantiene libre de arvenses o malezas utilizando preferiblemente tratamiento químico. Áreas grandes erradicadas (> 0.5 ha) se resiembran con otros cultivos no hospederos de la bacteria, como yuca, maíz y frijol. Si los sitios erradicados con Glifosato, se desean resembrar con musáceas,

tanto los residuos de las plantas repicadas en trozos pequeños como el suelo se tratan con formaldehído al 46 %, utilizando 500 cc por sitio distribuidos en 3 o 4 hoyos de 5 cm de diámetro por 40 a 50 cm de profundidad. Luego se procede a cubrir el área tratada con un plástico por espacio de 15 a 30 días. Al cabo de este período, se retira el plástico, el suelo se remueve para airearlo y después de dos semanas se hace la nueva siembra (Belalcázar et al. 1991). La herramienta, zapatos, maquinaria y en general todo material que haga contacto con suelo y plantas infectadas, se debe desinfectar con productos como Hipoclorito de Sodio al 1 % de i.a o creolina (aceites creosotados) al 3 % de i.a (Granada 1997).

CONTROL CULTURAL

Consiste en la manipulación deliberada del ambiente, con el fin de hacerlo menos favorable al desarrollo de las plagas; incluye todas aquellas practicas que favorecen el cultivo, como selección de semilla, deshije, deshoje, fertilización y control de malezas entre otras. En la Tabla 2 a manera de ejemplo se muestra la adopción de estas practicas en zonas productoras de Caldas.

Tabla 2. Porcentaje de adopción de prácticas culturales en el manejo integrado de plagas de banano y plátano en el departamento de Caldas (julio - diciembre 2001)

Práctica	Magdalena medio	Zona cafetera
Extracción semilla de la finca	50.0	80.2
Eliminación raíces de semillas	69.0	59.9
Elim. raíces de semilla + químico	7.8	31.0
Empleo de trampas	0	3.7
Deshije	93.1	96.3
Deshoje*	93.1	98.4
Desguasque	89.7	96.8
Destronque	89.7	95.7
Desyerba	96.6	98.9
Desbelloite	38.8	46.5
Embolse	0	1.6
Fertilización	56.9	81.3
Fertilización orgánica	37.1	42.8
Fertilización química	8.6	12.3
Fertilización orgánica + química	11.2	26.2
Empleo de fungicidas	0	1.6
Empleo de herbicidas	1.0	9.1
Empleo de insecticidas	3.4	4.8

* 12 o más deshojes al año, Magdalena medio = 19.0%, Zona cafetera = 10.7%

En el caso de patógenos foliares, las labores de cultivo deben estar dirigidas a disminuir la humedad excesiva dentro de la plantación, especialmente la mojadura foliar, para lo cual se deben construir drenajes, evitar los riegos por aspersión al follaje y regular el número de plantas por unidad de superficie a través de un correcto espaciado y destronque. Para tener cultivos sanos y productivos se recomiendan las siguientes prácticas:

Semilla sana: Como la semilla es el medio más favorable para la diseminación de plagas, al establecer nuevas plantaciones se debe emplear semilla propagada *in vitro* o convencional proveniente de plantaciones certificadas por el ICA. Se recomienda emplear colinos para siembra provenientes de plantas sanas, vigorosas y buena productividad, ojalá de la misma finca o fincas vecinas. Para un manejo adecuado del Picudo negro, los cormos una vez extraídos se revisan, eliminando el tejido con vestigios de galerías, a mayor tamaño de cormos es factible encontrar mayores daños y estados biológicos de la plaga; es conveniente sembrar los cormos seleccionados el mismo día de la extracción previo tratamiento con un repelente como la creolina o específico al 5%, o conservarlos en sitios cerrados fuera del alcance de los insectos adultos. Bajo ningún motivo debe dejarse durante varios días en los lotes semilla sin sembrar, pues puede reinfestarse con nuevas posturas.

Densidad de siembra: Con altas densidades de siembra, similar a lo que ocurre en cultivos bajo sombra, al reducirse la cantidad y duración de la mojadura foliar se ha rebajado la severidad de la Sigatoka. En condiciones óptimas para la Sigatoka amarilla en plátano Dominic Hartón bajo dos densidades de siembra (1111 y 2222 plantas/ha) y dos métodos de manejo (tratamiento químico y libre infección) no se encontró que la plaga afectara el tamaño y peso de los racimos, mientras que la densidad sí tuvo un efecto determinante sobre la producción, cosechándose 17.4 ton/ha en la menor densidad contra 33.8 ton/ha en la alta.

Deshoje fitosanitario: Consiste en la eliminación parcial (despunte) o total (deshoja) de hojas agobiadas y manchadas o necrosadas. Para el manejo de las Sigatokas, la eliminación del tejido manchado no sólo reduce el inóculo potencial sino que también contribuye a ser más efectivas las aspersiones de productos químicos. Tradicionalmente se ha recomendado solo la eliminación cíclica

de las hojas secas y dobladas. Esta recomendación es inapropiada debido a que la mayor cantidad de inóculo de origen conidial y ascospórico se producen durante el tiempo que las hojas enfermas permanecen parcialmente verdes y erectas. Al eliminar las hojas los cortes se hacen en la base del limbo dejando parte del peciolo, sin causar heridas al seudotallo. En fincas con bacteriosis (*Erwinia* spp.) se tiene que desinfectar las herramientas. La frecuencia y grado de eliminación del área foliar manchada depende especialmente del estado de desarrollo del cultivo, de las condiciones climáticas y del grado de severidad de las Sigatokas. En diferentes experimentos realizados en la zona cafetera se ha determinado que la defoliación puede ser drástica antes de la diferenciación floral, aproximadamente durante la tercera parte inicial del ciclo de producción, período durante el cual la planta requiere sólo 6 hojas sanas; y mínima en los dos meses anteriores a la floración, fecha en la cual la planta debe mantener un mínimo de ocho hojas sanas. Luego la planta puede perder la hoja más bajera cada dos semanas sin que se afecte el peso ni la calidad de la fruta producida. Las hojas eliminadas se dejan sobre el suelo, en medio de los surcos y con el envés hacia abajo. Aunque el autor no lo ha comprobado experimentalmente, sin embargo desde hace varios años ha observado que en condiciones climáticas ideales para la Sigatoka negra la intensidad de la misma es significativamente menor en cultivos con regulación de sombrero que en los establecidos a libre exposición. En la actualidad CORPOICA adelanta una investigación al respecto (Fabio Aranzazu, comunicación personal).

CONTROL BIOLÓGICO

Experimentalmente bajo condiciones controladas se ha encontrado buen control de la Sigatoka negra al utilizar organismos antagónicos productores de quitinasas como *Bacillus cereus* y *Serratia entomophila* (Orozco-Santos, 1998). Similar respuesta se ha obtenido al aplicar sustratos foliares provenientes de diferentes plantas (Arciniegas et al. 2002 ; Patiño y Bustamante 2002). A nivel de campo la Sigatoka se ha venido controlando con aparente éxito al utilizar en banano, lixiviados de lombricompost (Betty Nobmann, comunicación personal) y en plátano lixiviados del raquis del mismo cultivo (Silverio González, comunicación

personal), los cuales a su vez han sido más efectivos que los fungicidas químicos para el control en rosa de *Sphaerotheca pannosa* var. *rosae* (Álvarez et al. 2002). En condiciones naturales el Picudo negro también tiene enemigos que se deben aprovechar dentro de un manejo integrado de la plaga. Entre los controladores sobresalen los coleópteros *Hololepta quadridentata*, *Alegoria dilata* y diferentes especies de *Dactylosternum*, las hormigas del género *Camponotus* y varias especies de *Dermaptera*, familia *Forficulidae*, los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisoplae* y el nemátodo entomoparásito *Steinernema carpocapsae* (García et al. 1994 ; Merchán 1995 ; Castrillón 2000). El empleo de hongos entomopatógenos parece ser una vía sencilla y accesible a los cultivadores de plátano, tal como lo demuestra la experiencia de los cafeteros en el control de la broca. Estudios de laboratorio determinaron que cepas de *B. bassiana* y *M. anisoplae* aisladas de la broca del cafeto (*Hypothenemus hampei*) indujeron 100% de infección, esporulación y muerte en adultos de *C. sordidus*, por lo tanto las cepas utilizadas para el control de la broca también pueden emplearse en el control del Picudo negro. En condiciones de campo al utilizar la misma cantidad de inóculo por trampa resultó ser más efectiva la forma de aplicación en masa (crecimiento de entomopatógenos en granos de arroz esterilizados) que en suspensión. Con ambos entomopatógenos, los mayores porcentajes de infección por encima del 40% se registraron con aplicaciones semanales en dosis de 30 g de inóculo-masa/trampa. Recientemente en condiciones de laboratorio se ha comprobado el efecto biocida de extractos obtenidos de semillas de anón (*Annona squamosa*) y hojas de pringamoza (*Jatropha* sp.) sobre adultos de *Cosmopolites*, con respuesta similar a la lograda con el insecticida Carbofurán (Gómez y Soto 2002).

CONTROL MECÁNICO

Como los picudos son atraídos por exudaciones de cepas yseudotallos, se utilizan porciones de éstos a manera de trampas para capturarlos y reducir la población. Para la fabricación de las trampas se utilizan mediante diferentes arreglos cepas y trozos de pseudotallos frescos dispuestos permanentemente a través de la plantación en número de 20 a 25/ha. En las trampas los adultos

migratorios se pueden recoger y destruir regularmente en forma manual o ser infectados mediante la adición de hongos entomopatógenos, o ser envenenados con el empleo de insecticidas, como el carbofurán, cuyo uso sin aparente justificación predomina en la mayoría de los cultivos tecnificados de la zona cafetera. Las trampas se deben renovar y repicar, en frecuencia semanal las de pseudotallo y cada dos semanas las de cepa. Al parecer por factores de tigmotropismo, las trampas de cepa son más atractivas para el *Cosmopolites* que las de pseudotallo, las que a su vez atraen preferentemente *Metamasius* spp.

CONTROL ETOLÓGICO

Consiste en la utilización de sustancias que alteran el comportamiento de los insectos. Dentro de ellas para el control de picudos han sido utilizadas con éxito las feromonas y los repelentes. En el primer caso se ha comprobado la eficacia de "Rincophorol", "Metalure" y "Cosmolure" (Merchán 1995; Tinzaara et al. 1999 ; Martínez y Canal, 2001) y en el segundo la acción repelente de la creolina o específico en soluciones comerciales superiores al 3%.

CONTROL GENÉTICO

Desde el punto de vista de reducción de costos de producción y de saneamiento ambiental, el empleo de variedades resistentes es una de las mejores alternativas que tienen los productores para enfrentar las diferentes plagas. Como alternativa de producción o de solución ante la diseminación de la Sigatoka negra, el gobierno nacional a través del Instituto Colombiano Agropecuario-ICA, durante un año a partir de junio de 1995 distribuyó entre instituciones oficiales y privadas en 187 municipios de un total de 1.106, para su evaluación y multiplicación desde el nivel del mar hasta los 2.000 m de altitud alrededor de 39.000 plántulas micropropagadas in vitro de los bananos FHIA 1, FHIA 2, FHIA 3 (banano de cocción) y los plátanos FHIA 21 y FHIA 22. Los híbridos resistentes mencionados difieren principalmente de las variedades tradicionales en: apariencia, tamaño, sabor, textura y período de conservación en post-cosecha. Estas características aunadas a falta de programas apropiados de divulgación y transferencia, han incidido para que en la mayoría de las áreas productoras, los citados materiales no se

hayan multiplicado como se esperaba, ni hayan tenido buena acogida entre los productores y comercializadores.

CONTROL QUÍMICO

Es la táctica más utilizada y costosa empleada para el manejo de la Sigatoka negra en cultivos destinados a la producción de fruta para la exportación y para mercados nacionales exigentes en calidad. El año anterior el número de ciclos de aspersión controlados por Unibán en la zona bananera de Urabá fluctuó entre 19 y 29 (Miguel Zapata, comunicación personal), siendo el número ligeramente inferior en las explotaciones plataneras del Quindío y Risaralda donde se ha adoptado con pocas variaciones la tecnología del banano de exportación. En el año 2001 los ciclos aplicados por Unibán en Urabá correspondieron en porcentaje a los siguientes grupos de fungicidas: Benzimidazoles 4.0, Estrobilurinas 12.2 ; Dithiocarbamatos 14.7, Triazoles 19.8, Nitrilos 24.1 y Morfolinas 25.2 % Para racionalizar el empleo de productos químicos y reducir los costos de producción y la contaminación ambiental se ha sugerido efectuar las aspersiones a partir del conocimiento que se tiene sobre el efecto de variables bioclimáticas en el progreso de la Sigatoka (Merchán 1996 ; Orozco-Santos 1998; Gómez L. A. ; Castaño J. 2001), sabiendo que el verano o estación seca es el mejor control natural de las Sigatokas.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez E.; Grajales C.; Villegas J., Locke J. 2002. Alternativa biológica para el control de mildew polvoso en rosa (*Sphaerotheca pannosa* var. *rosae*) mediante la aplicación de un lixiviado, producto de la descomposición del raquis de plátano. p. 41 in XXIII Congreso ASCOLFI Nuevas tendencias en Fitopatología Ciencia y técnica cada vez más cerca. Bogotá, 3-6 julio de 2002.
- Aranzazu H. F.; Herrera N. G. 1991. Elefantiasis del plátano y banano. Pp. 113-124 in Memorias Seminario de actualización sobre investigación en el cultivo de Plátano. Manizales, Colombia.
- Arciniegas L. A. M.; Riveros A. A.S.; Loaiza C. J. 2002. Evaluación preliminar del uso de extractos vegetales para el control de Sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis*. p. 40 in XXIII Congreso ASCOLFI Nuevas tendencias en Fitopatología Ciencia y técnica cada vez más cerca. Bogotá, 3-6 julio de 2002.
- Barreto T. N. 2002. Manejo integrado de plagas en praderas de clima frío. Pp. 189-197 in Memorias Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN XXIX Congreso Montería, Colombia 17-19 de julio, 2002.
- Belalcázar C., S. L.; Merchán V. V. M. ; Mayorga M. H. 1991. Control de enfermedades. Pp. 243-297 in El cultivo del plátano (*Musa AAB Simmonds*) en el trópico. ICA, Manual de Asistencia Técnica No. 50. Cali, Colombia. 376 p.
- Castrillón A., C. 2000. Distribución de las especies de picudo del plátano y evaluación de sus entomopatógenos nativos en el departamento de Risaralda. CORPOICA-Comité de Cafeteros de Risaralda-UMATA Departamento de Risaralda. Manizales. 72 p.
- Esquivel E.A. 1990. Contribuciones al conocimiento de la etiología de la elefantiasis del banano y plátano en Panamá. Congreso Científico Nacional. Panamá. 8 p.
- FAO. 1997. Normas internacionales para medidas fitosanitarias. Metodología de inspección. Borrador para consulta con los países. Roma, Noviembre 1997. 13 p.
- Frison E.A. 1999. Integrated pest management: an overview. Pp 9-22 in Mobilizing IPM for sustainable banana production in Africa. Proceedings of a workshop on banana IPM held in Nelspruit, South Africa 23-28 November, 1998 (Frison E.A. ; Gold C.S. ; Karamura E.B. ; Sikora R.A. eds.). INIBAP, Montpellier, France.
- García F.; Gómez G. J.; Belalcázar S. 1994. Manejo biológico y cultural de *Cosmopolites sordidus* (Germar) en plátano. Pp. 385-395 in Memorias XI Reunión Acorbat. San José, Costa Rica, 13-18 febrero, 1994 .
- Gómez L. A.; Castaño J. 2001. Manejo integrado de las Sigatokas negra y amarilla en la cultivariedad de plátano Africa. INFOMUSA 10 (2): 3-7.
- Gómez R. C.; Soto G. A. 2002 . Evaluación de extractos vegetales para el manejo del picudo negro del plátano *Cosmopolites sordidus* Germar (Coleoptera : Curculionidae) bajo condiciones de laboratorio. Tesis Ingeniero Agrónomo Facultad de Agronomía. Universidad de Caldas Manizales, Colombia
- Granada G. A. 1997. Moko del Plátano y Banano: en Colombia. Pp 39-43. in Bananos y Plátanos con el Mejor Entorno Ambiental (Robayo V. G. edit.). Comimpu S.A. Santa Fe de Bogotá.
- Granada G. A. 2001. El Moko del plátano en el departamento del Quindío. Pp. 36-42 in Memorias Seminario - Taller Manejo integrado de Sigatokas, Moko y Picudo negro del plátano en el eje cafetero. Armenia, 24 y 25 de mayo del 2001.
- Kelman A. 1997. One hundred and one years of research on bacterial wilt. In 2nd International Bacterial Wilt Symposium. Guadeloupe, French West Indies, 22-27 June 1997. WWW.inrafr/Internet/Departements/Patho/2 nd_IBWSS/
- Londoño M.E. 1997. Los insectos plagas en plátano y banano y la toma de decisiones. Pp. 116-128 in Bananos y Plátanos con el Mejor Entorno Ambiental (Robayo V. G. edit.). Comimpu S.A. Santa Fe de Bogotá.
- Martínez J.M.; Canal A.N. 2001. Eficacia de dos feromonas de agregación para el control de *Cosmopolites sordidus* (Germar) y *Metamasius hemipterus* (Olivier) (Coleoptera: Curculionidae) en el cultivo de plátano. p 55 in Resúmenes Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN XXVIII Congreso Pereira, Colombia 8 - 10 agosto, 2001
- Merchán V., V.M. 1995. Manejo del picudo del plátano. Informe de Actividades Convenio ICA-CIID. Manizales, 8 de marzo de 1995.
- Merchán V., V.M. 1996. Prevención y Manejo de la Sigatoka Negra. ICA Seccional Caldas. Boletín Informativo. Manizales.

- les. 30 p.
- Merchán V., V.M. 1998. Manejo de problemas fitosanitarios del cultivo del plátano en la zona central cafetera. 1998. Pp. 177-191 in *Memorias Seminario Internacional sobre Producción de Plátano. CORPOICA – Universidad el Quindío – SENA – Comité Departamental de Cafeteros del Quindío. (Giraldo, M. J. et al. eds.) Mayo 1998, Armenia, Quindío, Colombia.*
- Ramírez, B. 1983. El Moko o Marchitez Bacterial del Plátano y Banano. Pp. 74-79 in *Memorias Primer Seminario Internacional sobre Plátano. Manizales Colombia, junio 6 al 10* Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2001. Anuario estadístico del sector agropecuario y pesquero 1999 - 2000. Dirección de Política Sectorial Grupo Sistemas de Información. Sistemas Editoriales, Bogotá. 209 p.
- Orozco-Santos M. 1998. Manejo integrado de la Sigatoka negra del plátano. CIPAC. México. Folleto técnico No. 1. División Agrícola. 95 p.
- Patiño L. F. ; Bustamante E. 2002. Efecto de tres inductores de resistencia y un sustrato foliar sobre Sigatoka negra en banano. p. 98 in *XXIII Congreso ASCOLFI Nuevas tendencias en Fitopatología Ciencia y técnica cada vez más cerca. Bogotá, 3-6 julio de 2002.*
- Rodríguez M., J.L.; Rodríguez S., L.A. 2001. Aspectos socioeconómicos del cultivo del plátano en Colombia. INFOMUSA 10 (1): 4-9.
- Stover R.H. 1972. Banana, plantain and abaca diseases. Commonw. Mycol. Instit., Kew.
- Tinzaara W.; Tushemereirwe W.; Kashaija 1999. The potential of using pheromone traps for the control of the banana weevil *Cosmopolites sordidus* Germar in Uganda Pp.327-332 in *Mobilizing IPM for sustainable banana production in Africa. Proceedings of a workshop on banana IPM held in Nelspruit, South Africa 23-28 November, 1998 (Frison E.A.; Gold C.S.; Karamura E.B.; Sikora R.A. eds.). International Network for the improvement of Banana and Plantain, Montpellier, France.*
- Villarraga L.A; Castellanos, F. 1974. Determinación del agente causal primario de la Elefantiasis del Plátano (*Musa paradisiaca*) y del Banano (*Musa sapientum*). Tesis Ingeniero Agrónomo Ibagué- Colombia. Facultad de Agronomía. 56 p.
- Yabuuchi E.; Kosako Y.; Yano L. Y.; Hotta H.; Nishiuchi Y. 1995. Transfer of two Burkholderia and an *Alcaligenes* species to *Ralstonia* gen. nov.: proposal of *Ralstonia picketti* (Ralston, Palleroni and Doudoroff (1973) comb. nov., *Ralstonia solanacearum* (Smith 1896) comb. nov. and *Ralstonia eutropha* (Davis 1969) com. nov. Microbiol. Immunol. 39; 897-904.
- Zárate R.D. 1981. Estudios etiológicos de la Elefantiasis o Pie Gigantesco del Plátano (AAB y ABB) y el Banano (AAA y BB) en Colombia. Tesis Mag. Sc, Bogotá- Colombia. ICA-UN. 106 p.

BACOTA

Información geográfica y bases de datos, la forma ideal de administración bananera

Pablo Arango Quintana

RESUMEN

El manejo adecuado de la información bananera una finca bananera, puede colaborar a tomar decisiones acertadas para tener éxito económico en esta actividad. Syngenta en conjunto con algunos clientes viene desarrollando desde hace 4 años, sistemas que conectan la visualización de mapas geográficos con los múltiples aspectos que regulan la producción de una finca bananera. El sistema consiste en geoposicionar un mapa de la finca con respecto al espacio y conectarlo a bases de datos con información referente a lugares del mapa. En general, las fincas poseen mucha información con respecto a sus distintos lotes. Quien esta al frente de la toma de decisiones no tiene a mano distintas informaciones que pudiese ver en tiempo real, correlacionar y así poder tomar mejores decisiones gerenciales. El sistema Bacota permite no solo correlacionar distintas informaciones sino georeferenciarlas para indicar de que parte de la finca es esa información. Con esta tecnología, Syngenta pretende aportar al gremio bananero una herramienta que les permita ser más productivos.

ABSTRACT

The adequated management of the information in a Farm , can help in desition making , and prosperity of the business. Syngenta since four years ago has been working with some clients , developing a system that conects maps to data bases.

This has shown a way of looking at information of a determinated farm and managing a way to look to different information at the same time. The result of this way of looking at information has made easier the management of the banana farms

* SYNGENTA S.A., Apartadó Aéreo 110346, Bogotá, Cundinamarca, Colombia. Teléfono: (571) 6500-779; fax: 6500-777, ext. 501; E-mail: pablo.arango@syngenta.com



Ecofisiología

syngenta

 **Dow AgroSciences**

COTECNA



Evaluación de niveles críticos y normas DRIS para el diagnóstico nutricional del banano 'Giant cavendish' (*Musa, aaa*) en dos regiones de Venezuela¹

Critical levels and DRIS norms evaluation for the nutritional diagnosis of the 'Giant cavendish' banana (*Musa, aaa*) in two regions of Venezuela.

R. Del Valle*, W. Briceño* y H. Peña*

RESUMEN

El diagnóstico nutricional representa una herramienta fundamental para el uso eficiente de los abonos, disminuir la contaminación de suelos y aguas por nutrientes no absorbidos e incrementar la rentabilidad y calidad de los productos. Se evaluó la aplicabilidad de niveles críticos y normas DRIS propuestos para banano, en dos regiones de Venezuela. Para ello se realizó un muestreo aleatorio simple en 14 lotes de cada región, colectando datos de cinco plantas en floración y cinco en cosecha por cada lote (total 280 plantas). El muestreo foliar se realizó siguiendo el Método Internacional de Referencia (MEIR), considerando los tres órganos de muestreo. Se obtuvieron nuevos rangos de suficiencia para N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, ajustados a las zonas. No hubo correlación entre los índices IBN-DRIS y el rendimiento. La importancia del manejo de nutrientes para la sostenibilidad de la industria bananera exige el desarrollo de criterios de diagnóstico confiables ajustados por región, especialmente de normas DRIS o similares.

ABSTRACT

Nutritional diagnosis represents a main tool for an efficient use of mineral and organic sources of nutrients, minimize soils and water pollution by non absorbed compounds and increase profit and product quality. Proposed critical levels and DRIS norms suitability were evaluated in two regions of Venezuela. For this, a simple random sampling method was used in 14 plots from each region. Five flowering plants and five plants at harvest time were measured in every plot (280 plants in total). Field sampling was performed according to the International Reference Sampling (IRS) using three organs. New optimal ranges for N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn and Zn were obtained. There was no correlation between DRIS index and yield. Given the critical issue about the nutrient management for the sustainability of banana industry it is necessary to develop reliable criteria for regional conditions, specially for DRIS norms or similar systems.

I

INTRODUCCIÓN

La sobre-utilización de abonos conlleva la pérdida de nutrientes y de dinero, lo cual ocasiona importantes daños ambientales y socio-económicos. Por otro lado, el sub-abonamiento conduce al agotamiento de los suelos y reducción de los rendimientos y calidad de los productos (Maene, 2000). Si consideramos que para el caso del banano normalmente se asumen porcentajes de pérdidas por el orden del 30 % (nitrógeno) al 80

% (fósforo), es evidente que el incremento en la eficiencia del uso de nutrientes de fuentes orgánicas y minerales es clave para la sostenibilidad de la industria bananera. Ello involucra, entre otros, el desarrollo de técnicas de diagnóstico efectivas que permitan monitorear los suelos y el estado nutricional de las plantas en relación con su potencial productivo y la rentabilidad.

El monitoreo por vía del análisis foliar puede indicar: a) Si algún elemento está limitando la pro-

* Universidad Nacional Experimental del Táchira, UNET. Departamento de Ingeniería Agronómica. Avenida Universidad, Paramillo. Apartado 436, San Cristóbal, 5001, Edo. Táchira. Venezuela. Tel: (58) 276-3530422-Ext. 334; Fax: (58) 276-3531118. E-mail: rvalle@unet.edu.ve

ducción, antes que aparezcan síntomas de deficiencia. b) Si el programa de fertilización está suministrando todos los nutrimentos para asegurar el rendimiento y la calidad de los productos. c) La necesidad de corregir prácticas de manejo y reducir el uso de determinados nutrimentos con base en evaluaciones de índole económica, sin grandes perjuicios para la productividad y la calidad (Bataglia y Santos, 2001). Sin embargo, estos objetivos no se pueden alcanzar si no se dispone de un método de muestreo foliar y un sistema de interpretación de datos confiables que permitan relacionar la información nutricional con variables de interés agronómico.

En los años '70 se propuso un esquema de muestreo conocido como Método Internacional de Referencia (MEIR), el cual considera tres órganos (Martin-Prével, 1980). Posteriormente, Lahav y Turner (1992) y Martin Prével (2002) han propuesto niveles críticos tentativos para la interpretación del análisis foliar a partir del MEIR. No obstante, estos criterios no han sido suficientemente evaluados (Martin-Prével, 2002).

Se ha señalado la necesidad de considerar, además de los niveles simples de los nutrimentos, las relaciones entre ellos (Martin-Prével, 1990). A este respecto se han formulado sistemas alternativos como el DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System), el cual consiste en un conjunto de normas de diagnóstico que consideran las relaciones entre los elementos, más que las concentraciones individuales *per se*. Se basa en la teoría de que el estado nutricional de las plantas se hace menos variable cuando éstas alcanzan su crecimiento potencial (Beaufils, 1973).

Angeles *et al.* (1993) propusieron normas DRIS preliminares para banano utilizando un banco de datos con 915 observaciones en plantas de altos rendimientos. Así mismo, Rodríguez y Rodríguez (1997) generaron normas DRIS para la evaluación nutricional del plátano en Venezuela. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la aplicabilidad de los niveles críticos y normas DRIS propuestos para el diagnóstico nutricional del banano en dos regiones productoras de Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

El marco de muestreo estuvo constituido por la finca "Punta de Oro" ubicada en el municipio La Ceiba, Estado Trujillo, y las plantaciones comercia-

les de la zona bananera de los valles lacustrinos del Estado Aragua. El clon evaluado en ambos casos correspondió al banano 'Giant Cavendish' (*Musa*, AAA, Sub-grupo Cavendish) de acuerdo a la clasificación de Simmonds (1966). Los suelos de ambas zonas son recientes, profundos, de alta fertilidad, con pH 7,6 - 8,29, texturas francas, sin problemas de salinidad. El régimen pluviométrico es bimodal con épocas de lluvia y sequía marcadas. La temperatura media oscila entre 25 - 27 °C.

Para el muestreo foliar se tomaron al azar en cada lote cinco plantas en floración y se utilizó el Método Internacional de Referencia (MEIR), considerando tres órganos de muestreo: limbo 3, nervadura 3 y pecíolo 7 (Martin-Prével, 1980). Para la estimación del rendimiento se seleccionaron al azar cinco plantas en cosecha y se promediaron. Los análisis foliares se realizaron de acuerdo a protocolos estándar (Jones *et al.*, 1991).

Se utilizó un muestreo Simple al Azar, considerando como unidad de muestreo al "lote". Se obtuvieron datos de 140 plantas en floración y 140 plantas en cosecha. En el cálculo del tamaño de muestra se consideró el Peso como variable respuesta, según la fórmula (Haddad y López, 1988):

$$n = \frac{K^2 s^2}{E^2} \quad \text{Donde: } n = \frac{1^2 4,326^2}{1,16^2} = 13,90514$$

De acuerdo a datos previos (Haddad y López, 1988), se seleccionó un valor del error máximo admisible (E) para Peso de 1,16 Kg. El valor de la desviación estándar (s) corresponde al reportado por Díaz (1985) para Peso y el valor de K se fijó en 1, para un coeficiente de confiabilidad del 68 %. Para el análisis de datos se utilizó análisis de correlación de Pearson y Spearman (variables no distribuidas normalmente) y tablas lógicas para la determinación de concordancia en el diagnóstico de los lotes. El Cuadro 1 ilustra el caso de una tabla lógica de concordancia para N del limbo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Niveles Críticos:

El Cuadro 2 presenta la síntesis de las tablas de concordancia cuando se consideraron como lotes de alto rendimiento aquellos cuyo peso promedio de racimos era igual o superior a 40 Kg (90 % del máximo peso promedio observado en el estudio)

Cuadro 1. Tabla lógica de concordancia para cinco lotes en el caso de Nitrógeno del limbo, considerando el nivel crítico de deficiencia propuesto por Lahav y Turner (1992).

Media del lote para concentración de Nitrógeno en el limbo.	Diagnóstico del lote (nivel crítico de deficiencia = 2,8)	Rendimiento relativo promedio del lote	Lógica
2,4	Deficiente	Alto	Discordancia
3,0	Suficiente	Alto	Concordancia
2,8	Suficiente	Alto	Concordancia
2,4	Deficiente	Medio o Bajo	Concordancia
3,0	Suficiente	Medio o Bajo	Discordancia

y se utilizaron los niveles críticos de Lahav y Turner (1992) y Martin-Prével (2002).

El porcentaje de casos concordantes totales por órgano osciló entre 31,7 % y 45,2 %, correspondiendo el mayor valor al limbo empleando los niveles críticos propuestos por Martin Prével (2002). A fin de verificar el ajuste de los niveles críticos disponibles se graficaron los datos y se determinaron rangos de suficiencia óptimos de acuerdo a criterios de Howeler (1983). Los resultados se muestran en el Cuadro 3.

El Cuadro 4 presenta los porcentajes de casos

concordantes por elemento y órgano de acuerdo a los rangos de suficiencia del Cuadro 3, obtenidos en este trabajo.

El porcentaje general de casos concordantes se incrementó, aún cuando no superó el 52,8 %. Siendo afectada la concordancia entre el diagnóstico y el rendimiento por múltiples factores no nutricionales, e interacciones entre nutrimentos, la proporción de casos concordantes es relativamente alta. Nuevamente, el mayor porcentaje general, y por elemento (a excepción de P y Mn), lo mostró el limbo. Vale destacar que hubo diferencias entre los

Cuadro 2. Porcentaje de casos concordantes según lógica de diagnóstico para los órganos del MEIR. Peso de referencia = 40 Kg y niveles críticos de Lahav y Turner (1992) (Limbo L y T, Nervadura y Pecíolo) y Martin-Prével (2002) (Limbo M-P).

Órgano	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	Total
Limbo L y T	85,7	17,9	25,0	35,7	39,3	28,6	35,7	17,9	39,3	36,1
Limbo M-P	89,3	28,6	32,1	53,6	35,7	21,4	35,7	67,9	42,9	45,2
Nervadura	64,3	17,9	32,1	17,9	17,9	28,6	32,1	75,0	28,6	34,9
Pecíolo	50,0	25,0	32,1	17,9	17,9	17,9	25,0	75,0	25,0	31,7
Valor más alto	89,3	28,6	32,1	53,6	39,3	28,6	35,7	75,0	42,9	45,2
Órgano	Lim	Lim	Lim Ner Pec	Lim	Lim	Lim Ner	Lim	Ner Pec	Lim	Lim

Cuadro 3. Rangos de suficiencia óptimos para 'Giant Cavendish' (*Musa*, AAA) en las zonas evaluadas.

Órgano	% de Materia Seca					ppm			
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Limbo	2,7-3,6	0,18-0,31	3,5-5,4	0,65-1,5	0,35-0,76	40-520	120-620	120-220	30-130
Pecíolo	0,4-0,7	0,17-0,26	2,6-5,4	1,5-20	0,55-1,6	15-95	160-600	70-125	10-36
Nervadura	0,5-1	0,16-0,32	3-5,3	1,4-3,4	0,6-1,3	20-160	200-680	80-175	10-56

Cuadro 4. Porcentaje de casos concordantes según lógica de diagnóstico para los órganos del MEIR (peso de referencia = 40 Kg y rangos de suficiencia propuestos en este trabajo).

Órgano	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	Total
Limbo	89,3	25,0	46,4	53,6	50,0	50,0	50,0	64,3	46,4	52,8
Nervadura	53,6	28,6	32,1	35,7	32,1	39,3	46,4	75,0	35,7	42,1
Pecíolo	50,0	39,3	32,1	25,0	17,9	42,9	46,4	75,0	32,1	40,1
Valor más alto	89,3	39,3	46,4	53,6	50,0	50,0	50,0	75,0	46,4	52,8
Órgano	Lim	Pec	Lim	Lim	Lim	Lim	Lim	Ner Pec	Lim	Lim

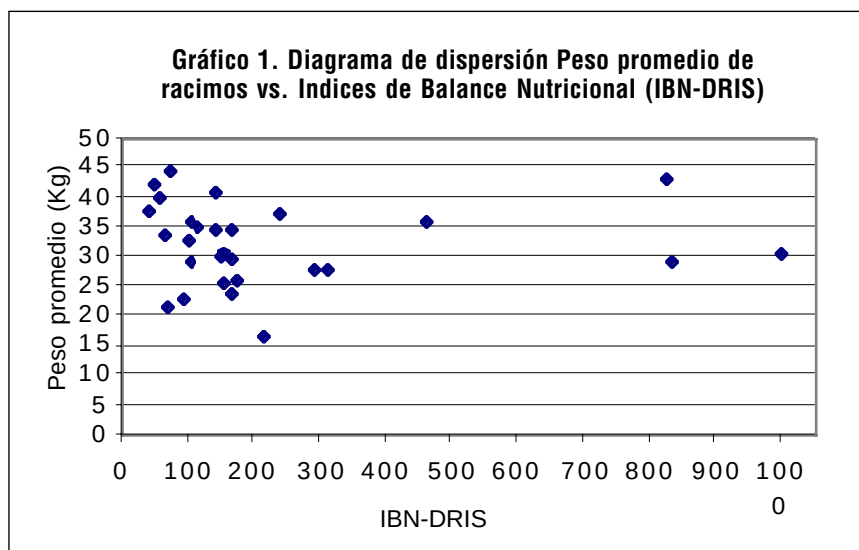
órganos para detectar exceso de nutrientes que afectan el rendimiento. Los excesos de² P (6), K (11) y Mn (4) fueron mejor detectados por el limbo, los de N (2), Ca (6), Mg (2) por la nervadura y los de Cu (3), Fe (8) y Zn (4) por el pecíolo. En caso de sospecha sobre el exceso de algún nutriente distinto a P, K y Mn puede ser conveniente utilizar un órgano distinto al limbo para el diagnóstico.

Normas DRIS:

En la Gráfica 1 se muestra el diagrama de dispersión entre los Índices de Balance de Nutrientos (IBN) obtenidos a partir de los valores DRIS para N, P, K, Ca y Mg, según normas preliminares propuestas por Angeles *et al.* (1993), y el peso promedio de racimos en cada lote. No se observó correlación entre los IBN-DRIS calculados y el peso de los racimos. Se ha establecido que los más altos

valores en los IBN deben corresponder con los menores rendimientos y viceversa. Como se evidencia en la gráfica, ello en muchos casos no se cumplió. Tampoco hubo correlación entre los índices DRIS por nutriente y el rendimiento. Como dato comparativo Rodríguez *et al.* (1999) reportan un coeficiente de correlación $r = 0,85$ para Peso vs IBN-DRIS en plátano. Otros autores señalan correlaciones significativas de los índices DRIS con el rendimiento en diversos cultivos (Lucena, 1997).

No obstante, los índices DRIS por nutriente mostraron un nivel de concordancia del 79,3 % con los rangos de suficiencia ajustados, en cuanto al diagnóstico de elementos deficientes y suficientes por lote. Aún cuando inicialmente se diseñó el sistema DRIS con la intención de que sus normas tuviesen validez universal, se ha señalado con frecuencia una validez restringida de las mismas.



Lucena (1997) y Roberts y Heard (1999) señalan que deben desarrollarse normas DRIS para las condiciones de cada región.

CONCLUSIONES

- Tanto los niveles críticos como las normas DRIS propuestos hasta ahora mostraron una aplicabilidad parcial en las condiciones del estudio.
- Los rangos de suficiencia óptimos obtenidos en este trabajo para el clon 'Giant Cavendish', respecto a las concentraciones de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn, en las zonas estudiadas, permitieron obtener mayor concordancia entre el rendimiento y el diagnóstico de los lotes evaluados.
- El limbo fue el órgano que mostró mayor correspondencia entre diagnóstico y rendimiento. Por lo tanto debe preferirse su utilización a los fines del diagnóstico. No obstante, para determinar exceso de nutrimentos distintos a P, K y Mn, puede ser necesario utilizar otros órganos.
- Las normas preliminares DRIS propuestas por Angeles *et al.* (1993), generaron índices DRIS por nutrimento y un Índice de Balance de Nutrimentos general que no se correlacionaron con el rendimiento. Sin embargo, dichas normas permitieron detectar elementos en rango de suficiencia o deficiencia, los cuales coincidieron en un 79,3 % con los diagnósticos de los niveles críticos ajustados.
- Como alternativa a los niveles críticos, el sistema DRIS ofrece una herramienta más efectiva para el diagnóstico nutricional, dado que considera las relaciones entre elementos y puede suministrar una lista en secuencia desde los elementos más requeridos a los menos necesitados. Sin embargo, para el caso de banano se hace necesario desarrollar nuevas normas adaptadas las regiones. Dada la importancia del manejo de nutrimentos para la sostenibilidad de la industria bananera se deben realizar mayores esfuerzos de investigación en aquellas técnicas de diagnóstico de suelos y plantas que permitan reducir la enorme pérdida actual de nutrimentos contaminantes, reducir costos y mejorar rendimientos y calidad de fruta.

NOTAS

1. Trabajo financiado parcialmente por el Decanato de Investigación de la Universidad Nacional Experimental del Táchira y la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela.
2. Número de casos de exceso detectados entre paréntesis.

LITERATURA CITADA

- ANGELES, D.; SUMNER, M. y LAHAV, E. 1993. Preliminary DRIS norms for banana. *J. Plant Nutrition* 16(6):1059-1070.
- BATAGLIA, O y SANTOS, W. 2001. Estado nutricional de plantas perennes: avaliação e monitoramento. *Informações Agrônomicas*. 96:3-8.
- BEAUFILS, E. 1973. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). *Soil Science. Bull. 1. University of Natal. (Sur Africa)*. 132 p.
- DÍAZ, C. 1985. Diagnóstico del estado nutricional del banano en dos fincas de los Valles de Aragua. Tesis Ing. Agr. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía. 115 p.
- HADDAD, O. y LÓPEZ, A. 1988. Uso de la técnica de muestreo para estimar parámetros en explotaciones bananeras. *Informe mensual de la UPEB* 85:11-23.
- HOWELER, R. 1983. Análisis del tejido vegetal en el diagnóstico de problemas nutricionales. *Centro Internacional de Agricultura tropical*. 28 p.
- JONES, J.; WOLF, H. y MILLS, A. 1991. *Plant analysis handbook. Micro-macro Pubs. Athens, Georgia, USA*. 213 p.
- LAHAV, E. y TURNER D. 1992. Fertilización del banano para rendimientos altos. *Instituto Internacional de la Potasa. Boletín N° 7*. 68 p.
- LUCENA, J. 1997. Methods of Diagnosis of mineral Nutrition of plants. A critical Review. *Acta Hort.* 448:179-192.
- MAENE, L. 2000. Efficient fertilizer use and its role in increasing food production and protecting the environment. *International Fertilizer Industry Association. Paris*. 13 p.
- MARTIN-PRÉVEL, P. 1980. La nutrition minérale du bananier dans le monde. *Première partie. Fruits* 35 (9): 503-518.
- MARTIN-PRÉVEL, P. 1990. Past, present and future of tropical fruit nutrition with special reference to the banana. *Acta Hort.* 275:523-534.
- MARTIN-PRÉVEL, P. 2002. Banana (*Musa spp.*). En: *International Fertilizer Industry Association (IFA). World fertilizer use manual*. <http://www.fertilizer.org> [Consulta: 10 may. 2002].
- ROBERTS, T. y HEARD, J. 1999. In-crop assessment of plant nutrient status. *Proceedings of the Canada Agronomy Workshop, Brandon, MB. July 7-9, 1999*.
- RODRÍGUEZ V. y RODRÍGUEZ, O. 1997. Normas foliares DRIS para el diagnóstico nutricional del plátano (*Musa* AAB subgrupo plátano cv. Hartón). *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 14:285-296.
- RODRÍGUEZ, V.; RODRÍGUEZ, O. y BRAVO, P. 1999. Índice de balance de nutrimentos para la predicción del rendimiento del plátano (*Musa* AAB subgrupo plátano cv. Hartón). *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 16:488-494.
- SIMMONDS, N. 1966. *Bananas*. 2da. Ed. Longman. Londres. 512 p.

Eficacia de diferentes fertilizantes nitrogenados en el cultivo del banano (Musa AAA, Clon “Valery”), en la zona de Riofrío, Magdalena (Colombia)

Efficiency of different nitrogen fertilizers for the banana crop (Musa AAA, Clon Valery), in Riofrío (Magdalena), Colombia

Guerrero R, R. y Gadban, R. J.**

RESUMEN

Durante tres ciclos de cultivo del banano (Clon “Valery”), en un Inceptisol ubicado en Riofrío, Magdalena, se estudió la eficacia de varias fuentes fertilizantes nitrogenadas y sus combinaciones. Los resultados promedios mostraron que estadísticamente el Sulfato de Amonio superó en eficacia a la Urea, al Nitrofosfato de Amonio y a sus combinaciones, cuando la dosis de N fue de 233 kg/Ha/año (K/N= 3/1). Un incremento en la dosificación de N hasta 350 kg/Ha/año (K/N = 2/1), limitó las diferencias pero no eliminó la mayor eficacia agronómica y económica del SAM, bajo las condiciones del experimento.

ABSTRACT

During three cycles of the banana crop (Clon, “Valery”), in a Inceptisol located in Riofrío, Magdalena, it was studied the effectiveness of several fertilizer sources of nitrogen and its combinations. The average results showed that statistically the ammonium sulfate overcame in effectiveness to the Urea, to the Ammonium Nitrofosfate and its combinations, when the dose of N was of 233 kg/Ha/año (K/N = 3/1). An increment in the dosage of N up to 350 Kg/Ha/año (K/N = 2/1), limited the differences, but it didn't eliminate the more agronomic and economic effectiveness of the SAM, under the conditions of the experiment.

I

INTRODUCCIÓN

Es muy conocido el hecho de que los suelos cultivados con banano tecnificado suelen no estar habilitados para cubrir la demanda de N por el cultivo, en particular debido a que las condiciones climáticas, con muy altas temperaturas, dificultan la conservación de la materia orgánica en los suelos (Lahar y Turner, 1992; Rosero, 1991). De otra parte, bajo estas condiciones, la eficiencia de la fertilización nitrogenada, tiende a ser baja a muy baja (Guerrero, 1990), por pérdidas significantes del elemento y, de otra parte, con frecuencia, también condiciones físicas del suelo que limitan la asimilación de nutrimentos (López y Espinosa, 1995; Guerrero, 2001.a).

Debido a lo anterior, las dosificaciones de N en la fertilización del cultivo alcanzan con regularidad niveles altos (250 a 400 kg de N/Ha/año), prefiriendo a la Urea como fuente, debido a su menor costo por unidad de N, pero sin tomar en cuenta

que la eficiencia de este fertilizante puede ser muy baja debido a las consideraciones anteriores.

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la eficacia de diferentes fertilizantes nitrogenados, para el abonamiento del banano tecnificado (Clon “Valery”) en Riofrío (Magdalena).

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento de campo se efectuó en la finca “El Yunque”, localizada en la región de Riofrío, zona bananera del Magdalena, al nivel el mar, con temperatura ambiente promedia de 28 a 29 °C y una precipitación anual promedia cercana a los 800 mm/año.

Se trabajó en un Inceptisol de textura franca, con pH (agua 1:1): 7,0, CE: 0,5 dS/m, CICE: 15 meq/100 g, C-org.: 1,0%, P aprovechable (Bray II): 240 ppm, S disponible (fosfato monocálcico, 0,0081M): 8 ppm, cationes cambiables (meq/100 g): Ca 10, Mg: 3, K: 0,6; Na: 0.22. En consecuen-

* Monómeros Colombo Venezolanos, S. A. Bogotá, Colombia, Tel (571) 6918960 - Fax (571) 6231102 y Universidad Tecnológica del Magdalena, Santa Marta, Colombia. Telefax (571) 4222441.

cia, se trata de un suelo fértil, con buenas condiciones físicas, pero con disponibilidad limitada de nitrógeno y azufre, siendo aparentemente muy elevada la concentración de P disponible, al igual que la de Ca cambiante. Se utilizó una plantación comercial de banano (Clon "Valery"), desarrollada a partir de meristemos. La plantación contó con una población de 1650 plantas por hectárea y un alto nivel de tecnificación, incluido el sistema de riego por goteo.

El diseño experimental fue el de bloques completamente al azar, con siete tratamientos y cuatro replicaciones. La parcela experimental (15X15m), contó con un promedio de 37 plantas y para la medición de las variables de respuesta se utilizaron entre 5 y 7 plantas que tuvieran hijos, con 4 a 6 hojas. Los tratamientos relativos a las fuentes fertilizantes fueron los siguientes:

1. Sulfato de Amonio (SAM) (21%N a 24%S)
2. Urea (46% N)
3. Nitrofosfato de amonio (30% N y 6% P_2O_5)
4. SAM (50%) + Urea (50%)
5. SAM (50%) + NFAM (50%)

Para estos tratamientos se empleó una dosis de 233 kg N/Ha/año, lo cual generó una relación K/N en la dosificación, de 3/1, habida cuenta que la dosis de potasio fue de 700 kg de K_2O /Ha/año. Se utilizaron dos tratamientos adicionales, así:

6. SAM (50%) + Urea (50%)
7. SAM (50%) + NFAM (50%)

En estos dos últimos tratamientos se incrementó la dosificación de N hasta 350 Kg/Ha/año, lo cual generó una relación K/N en las dosificaciones equivalente al 2/1. En el experimento se usó la rutina de abonamiento acostumbrada por la empresa cultivadora de banano, en la finca "El Yunke".

Ciclos de cultivo

El período experimental incluyó tres ciclos de cultivo, así:

Ciclo 1: Mayo a noviembre del 2000,

Ciclo 2: Noviembre del 2000 a mayo del 2001

Ciclo 3: Mayo a diciembre el 2001.

Se realizó un análisis de suelos en muestras obtenidas en las parcelas experimentales, para cada tratamiento. Se efectuaron además, análisis químico nutricional en muestras de láminas foliares de la hoja 3 (una para cada tratamiento), obtenidas en el tercer ciclo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de la fuente nitrogenada

La tabla 1 presenta los resultados obtenidos expresados en valores promedios de los tres ciclos

Tabla 1. Resultados promedios para tres ciclos de cultivo obtenidos con las fuentes nitrogenadas para las diferentes variables de respuesta.

VARIABLES DE RESPUESTA	TRATAMIENTOS				
	SAM*	UREA	NFAM**	SAM (50%) UREA (50%)	SAM (50%) NFAM 50%)
PESO/RACIMO (x) (kg)	30,0 A	25,7 C	27,4 BC	26,5 BC	27,9 AB
No. MANOS/ RACIMO	8,2 A	6,8 C	7,6 B	7,5 B	7,5 B
No. Dedos/ MANO BASAL	21,8 A	19,6 C	20,3 B	19,9 BC	21,3 A
CALIBRE (o) DEDO CENTRAL (mano basal)	45,4 A	43,4 D	44,0 BC	43,6 CD	44,3 B
LONGITUD (pulg.) DEDO CENTRAL (mano basal)	9,5 A	9,2 C	9,3 BC	9,2 C	9,4 AB
CAJAS/Ha (x)	1.980 A	1.684 C	1.810 BC	1.747 BC	1.844 AB
B/C	25/1	----	12/1	11/1	17/1

* SAM: Sulfato de Amonio

** NFAM: Nitrofosfato de Amonio

e cultivo, junto con su comparación estadística. El sulfato de amonio superó a las demás fuentes nitrogenadas en todas las variables de respuesta, con diferencias significantes ($p < 0.05$) en todos los casos, excepto cuando se usó SAM (50%) y nitrofosfato de amonio (50%), en cuyo caso también se dieron las diferencias a favor del SAM, pero no resultaron significantes ($p > 0.05$) para la mayoría de las variables estudiadas. Se destaca el mejor trabajo del SAM, cuando se compara con la Urea, así: cuatro kilogramos más en el peso del racimo, 1.4 manos adicionales por racimo, 2.2 dedos más por mano basal, 2.0 grados adicionales en el calibre del dedo central (basal) y también una mayor longitud en el dedo central (0.3 pulgadas), para resultar, como consecuencia, en casi 300 cajas adicionales por hectárea. Así mismo, sobre la base de un precio de US\$ 3,8/caja y el costo de los fertilizantes (mayo 2002), el B/C (calculado en relación al precio de la Urea) obtenido con el SAM duplicó el obtenido con el Nitrofosfato de Amonio y el que se obtuvo con la interacción SAM/UREA (Tabla 1). Es decir, que por cada US\$ 1 adicional

(en comparación al precio de la Urea) invertido con el SAM se obtuvieron US\$25, pero solamente US\$12 con el NFAM, US\$ 11 con SAM/Urea y US\$ 17 con SAM/NFAM.

Para la condición del suelo experimental, el comportamiento superior del SAM puede explicarse por estar relacionado con menores pérdidas de N para el SAM (Guerrero, 2001,b). Así mismo, la adición de azufre y su efecto agronómico en un suelo con relativo bajo nivel de S-disponible (Tabla 2), que se reflejó en una aparente nivel marginal de S-foliar (Tabla 3) que, de todas maneras, se dio para todos los tratamientos (Amaya y Arias, 2000). Es también importante resaltar la mayor caída del pH del suelo producida por el uso del SAM (Tabla 2) asociada, posiblemente, con una mejor eficiencia en la asimilación del P (Tabla 3) y de algunos microelementos (Fassbender y Bornemisza, 1994; Marshner, 1995). La pequeña concentración (6% de P_2O_5) en el Nitrofosfato de Amonio (NFAM), no influyó ni en el contenido de P-disponible en el suelo, ni tampoco en sus contenidos foliares.

Tabla 2. Condiciones químicas del suelo en las parcelas experimentales ocupadas por los distintos tratamientos (muestreo por tratamiento).

CARACTERÍSTICA	TRATAMIENTOS				
	SAM*	UREA	NFAM**	SAM (50%) UREA (50%)	SAM (50%) NFAM 50%)
pH	6,4	6,9	6,9	7,1	7,0
C.E. dS/m	0,51	0,35	0,45	0,53	0,62
C-Org.(%)	1,6	0,4	0,8	1,0	0,7
P-Aprov. (ppm)	264	310	255	202	291
S-disp. (ppm)	14	13	7	19	27
K-camb. (me/100 g)	0,67	0,60	0,60	0,64	0,55
Ca-camb. (me/100 g)	10,0	9,3	8,8	12,6	15,1
Mg-camb (me/100 g)	3,0	2,8	2,5	3,4	3,4
Na-camb. (me/100 g)	0,13	0,20	0,22	0,24	0,24
* SAM: Sulfato de Amonio ** NFAM: Nitrofosfato de Amonio					

Tabla 3. Resultados de los análisis nutricionales realizados en muestras (una por tratamiento) de lámina foliar* (hoja - 3) (ciclo 3).

ELEMENTO	TRATAMIENTOS									
	SAM		UREA		NFAM		SAM (50%) UREA (50%)		SAM (50%) NFAM 50%)	
N %	2,9	A	2,80	A	2,66	M	2,74	M	2,66	M
P %	0,20	M	0,17	M	0,16	M	0,18	M	0,18	M
K %	3,85	A	3,63	A	4,67	A	3,91	A	4,32	A
S %	0,22	M	0,23	A	0,20	M	0,23	A	0,19	M
Ca %	0,60	M	0,57	M	0,62	M	0,63	M	0,50	C
Mg %	0,31	A	0,33	A	0,31	A	0,31	A	0,28	M
Na (ppm)	120		145		140		125		160	

* D: deficiente, M: Marginal, C: Crítico, A: Adecuado; Al: Alto; T: Tóxico

Efecto de la relación K/N

Ya se mencionó que para los tratamientos cuyos resultados se presentaron y discutieron, la dosificación de N utilizada fue de 233 kg de N/Ha/año, por lo cual, con la dosis de K₂O aplicada (700 kg/Ha/año), significó una relación K/N de 3/1. Esta dosis de N podría calificarse como baja o muy baja, si se compara con la que usualmente se utiliza en la región. Por esta razón, se incluyeron dos tratamientos adicionales con dosificación de 350 kg N/Ha/año, pero conservando la dosis de K₂O, o sea con una relación K/N de 2/1. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 4.

nidos se presentan en la tabla 4.

El incremento en la dosis de N se efectuó únicamente para los tratamientos 50% SAM + 50% Urea y 50% SAM + 50% NFAM. Como se ve, en ambos casos el peso del racimo y las cajas/Ha / ciclo se incrementaron en relación a los obtenidos con la dosis de 233 kg N/Ha, así como también los contenidos de N foliar (llegando a 2.88% N, en los dos casos). También se aproximaron pero no superaron los alcanzados con SAM (233 kg N/Ha/año) y la relación B/C disminuyó al aumentar la dosificación de nitrógeno.

Tabla 4. Resultados experimentales, promedios para tres ciclos de cultivo, obtenidos con diferentes dosificaciones de nitrógeno.

FUENTES DE NITROGENO	DOSIS DE N Kg/Ha/año	RELACION DOSIS K/N	PESO DEL RACIMO (kg) (x)	Cajas/Ha POR CICLO (X)	B/C
SULFATO DE AMONIO (SAM)	233	3/1	30,0	1.980	25/1
SULFATO DE AMONIO (50%) + UREA (50%)	233	3/1	26,5	1.747	11/1
	350	2/1	27,3	1.801	7/1
SULFATO DE AMONIO (50%) + NFAM (50%)	233	3/1	27,9	1.844	17/1
	350	2/1	29,6	1.953	11/1

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones experimentales del estudio y los niveles de productividad alcanzados, el Sulfato de Amonio resultó significativamente ($P < 0,05$) con mayor eficacia agrotécnica y económica que la Urea, el Nitrofosfato de Amonio y las combinaciones adicionales, tanto para cada uno de los tres ciclos de cultivo como para sus promedios.

El mejor trabajo del SAM (233 kg N/Ha/año) que superó a la Urea en casi 300 cajas/Ha/ciclo (x), podría explicarse, tanto por menores pérdidas de N, como por el suministro de azufre en un suelo con limitada disponibilidad del mismo y probables efectos benéficos en la asimilación del P y Ca. Al respecto, se considera que la metodología Bray II para la extracción de P disponible, en suelos análogos a los del experimento, parece no ser confiable.

El incremento en la dosificación de N hasta 350 kg/Ha/año mejoró, pero no igualó, la resultante obtenida con el SAM (233 kg N/Ha/año). En consecuencia, la relación dosis K/N : 3/1 resultó con mayor eficacia técnica y económica que la relación 2/1, para una dosificación constante de 700 kg K_2O /Ha/año.

LITERATURA CITADA

- Amaya C, J. y Arias, L. D. 2000. Estudio del azufre disponible en suelos cultivados con banano (Musa AAA) en la región de Sevilla, Departamento del Magdalena. Universidad del Magdalena. Programa de Ingeniería Agronómica. Santa Marta. 54p.
- Fassbender, H. W. y Bornemisza, E. 1994. Química de Suelos, con énfasis en suelos de la América Latina. San José de Costa Rica. IICA, OEA. 420 p.
- Guerrero R, R. 1990. Eficiencia de la fertilización nitrogenada. Suelos Ecuatoriales, 20 (1): 88-96.
- Guerrero R, R. 2001. Fundamentos técnicos para la fertilización de cultivos. In Silva, M.F., ed: Fertilidad de Suelos, diagnóstico y Control. 2ª. Ed. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. pp: 247-137.
- Guerrero R, R. 2001. Eficiencia de la fertilización en la agricultura colombiana. In García, A y Valenzuela. Manejo productivo de suelos para cultivos de alto rendimiento. Memorias. Palmira, sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Pp: 129-137.
- Lahav, E. y Turner, D.W. 1992. Nutrición y Fertilización del Banano. Quito, IMPOFOS. 71 p.
- López, A., y Espinosa, J. 1995. Manual de nutrición y Fertilización del banano, para rendimientos altos. 2ª. Ed. Quito, INPOFOS: 82 p.
- López, A., et al. 2001. Síntomas de deficiencias nutricionales y otros desórdenes fisiológicos en el cultivo del banano (Musa AAA). Guía de Campo. Quito. INPOFOS. 53 p.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic press, London, England: 674 p.
- Rosero, R. A. 1991. Banano. In Guerrero R, R., ed: Fertilización de cultivos en Clima Cálido. 2ª. Ed. Barranquilla. Monómeros Colombo Venezolanos, S. A. pp: 269 a 297.
- Santa Marta, Mayo del 2002

Comportamiento productivo de vitroplantas del clon plátano hartón (*Musa AAB*) en los llanos occidentales de Venezuela.

Productive performance of horn plantain (*Musa aab*) plantletst on the wester plain area of Venezuela

E. Delgado, O. González, D. Romero y N. Moreno

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo principal evaluar el comportamiento productivo ante la presencia de la enfermedad foliar Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet) bajo las condiciones de los Llanos Occidentales de Venezuela del Clon de plátano Hartón (AAB) proveniente de cultivo *in vitro*. El Clon Hartón ocupa el mayor porcentaje del área de siembra en Venezuela y existen serios problemas para obtener semillas de calidad. Actualmente existen vitroplantas comerciales de este clon a disposición de los productores, pero poco se ha difundido sobre el comportamiento de estos a nivel de áreas de producción. Hubo diferencias significativas para los dos tipos de propagación, el clon *in vitro* mostró un ciclo del cultivo más largo ($P=0.0001$) y mayor número de frutos ($P=0.008$) El clon Hartón de cormo mostró mayor número de hojas a cosecha ($P=0.015$) y mayor peso de frutos ($P=0.0001$) Se pudo evidenciar que el comportamiento de estas vitroplantas comparadas con plantas de cormo o semilla fueron similares en la mayoría de las variables evaluadas. Palabras clave: evaluación agronómica, *in vitro*, *Musa* (AAB), producción, *Mycosphaerella fijiensis*.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the productive performance of Horn plantain plantletst (AAB) under presence of Black sigatoka disease (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet) on the western plain area conditions in Venezuela. The Horn clon is cultivated in a high percentage in Venezuela, and there are difficulties to obtain quality seeds. Actually there are commercially micropropagated plantletst of horn clon available for farmers, however, there are little informacion about the productive performance of this micropropagated plantletst. Differences were found between the two type of propagation, the clon *in vitro* showed longer crop cycle ($P=0.0001$) and more numbers of fruits ($P=0.008$) and the clon Horn from asexual propagation showed higher number of leaves at harvesting ($P=0.015$) and heavier fruits ($P=0.0001$). The results shows that the performance of micropropagated plantletst are similar to those through asexual propagation on the majority of the variables evaluated.

Key words: agronomic evaluation, *in vitro*, *Musa* (AAB), yield, *Mycosphaerella fijiensis*.

INTRODUCCIÓN

En Venezuela existen alrededor de 43.500 ha sembradas de plátano Clon Hartón (*Musa AAB*), de las cuales 4.000 ha corresponden al área de los Llanos Occidentales, con una producción de 10.5 t/ha. Estas plantaciones en su mayoría se caracterizan por ser de productores pequeños y de subsistencia, viejas, con materiales de baja calidad, con bajo nivel tecnológico y con graves problemas

fitosanitarios (Navas *et al*, 1998, Delgado y Paiva, 2001).

La enfermedad foliar Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), se hizo presente en los Llanos Occidentales de Venezuela en 1991, causando graves reducciones en la producción de plátanos (Martínez, 1996). Sin embargo, este clon se mantiene como preferido por los productores locales y consumidores en los mercados internacio-

* Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, INIA-Barinas Apartado Postal 178, Barinas, Venezuela. Telf: (58)273-5525825; Fax: (58) 273-5525825; E-mail: eduardojdelgado@cantv.net delgado_ed8@hotmail.com y yduquedu@yahoo.com

nales (Rodríguez *et al*, 2001) Con la implementación del manejo integrado de la enfermedad; sin la aplicación de productos químicos, los pequeños productores han podido obtener una producción sostenible conviviendo con la enfermedad (Fages y Jiménez, 1995; Pérez, 1996; ICA, 1997; Navas, 1997; Ordosgoitti, 1999).

Dado el estado actual de las plantaciones, la disponibilidad de semilla de calidad para el establecimiento de renovaciones y nuevas fundaciones se hace limitativo. El costo de una semilla esta alrededor de 0.50\$ en comparación al costo de vitroplantas de 0.8 a 1.0 \$. El uso de plantas producidas por cultivo *in vitro* posee las ventajas de proporcionar un material uniforme y libre de agentes dañinos, como : insectos, bacterias y hongos (Navas, 1997). Actualmente existen empresas comerciales productoras de vitroplantas del Clon Hartón, pero poco se ha difundido sobre su comportamiento productivo. Se han realizado algunos estudios relacionados con aclimatación (Arias *et al*, 1987; Hwang *et al*, 1984; Israeli *et al*, 1985; Krikorian y Cronuer, 1984), propagación (Pérez, 1991) y comportamiento (Lii *et al*, 1989; Navas *et al*, 1998); pero ninguno específicamente sobre evaluación productiva en campo de materiales de plátano Hartón; por lo cual se considero como un aporte valioso a la difusión del uso de vitroplantas la realización de esta investigación para comparar el comportamiento productivo y el efecto de la sigatoka negra sobre las plantas provenientes de cultivo *in vitro* en comparación con el clon hartón proveniente de propagación asexual llamado cormo o semilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las plantas de cada tipo de propagación se sembraron por separado en parcelas adyacentes de condiciones de suelo y topografías similares. Las vitroplantas del Clon Hartón (AAB) fueron obtenidas de la empresa comercial PROBIOTEC C.A. listas para ser llevadas al campo con una altura de 15 cm en bolsas de polietileno. Los cormos o semillas se obtuvieron de las zonas de producción local de plantaciones en buenas condiciones. En cada parcela se establecieron un total de 40 plantas, a una densidad de 2.000 plantas por hectárea, bajo un arreglo de cuadrado (2.5 m entre plantas y 2.5 m entre hileras).

El ensayo se sembró el 15 de Agosto del 2000 en el Campo Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), ubicado en Sabaneta, Barinas a una altura 165 m.s.n.m y latitud 8°49' y longitud 70° 00', en un suelo clasificado como Typic Ustifluent, el cual presentó una estructura franco limosa (25% arena, 54% arcilla y 21% de limo), pH 6.2, materia orgánica 2.35% y los siguientes contenidos de P 25 ppm, K 192 ppm y Ca 840 ppm.

Esta zona se caracteriza por poseer una precipitación promedio anual de 1,717.6 mm, con déficit de humedad en los meses de Enero a Abril de 327.8 mm y excesos de Julio a mediados de Noviembre de 596.8 mm y una evapotranspiración (ETP) promedio anual de 1,562.2 mm. La temperatura promedio en la zona de estudio para la máxima 29.9°C, mínima 20.3°C y media 25.1°C. La humedad relativa promedio mensual osciló entre 56 y 76 % con una media de 64%.

El manejo agronómico empleado no incluyó aplicación de productos químicos para el control de Sigatoka negra, se implemento el manejo integral del cultivo con el manejo adecuado del deshoje, deshoje, control de malas hierbas con herbicida hasta que la plantación controló esta naturalmente; el material de desecho se pico y se disperso en el suelo para protección de este, controlar la humedad y promover el desarrollo de microorganismos. Se aplicó fertilizante de acuerdo a las necesidades del cultivo previo análisis de suelo con una formula completa 12-12-17/2 (150 gr/planta en instalación), Urea (300 gr/planta, 150 gr/planta en crecimiento y 150 gr/planta en producción) y Cloruro de potasio (300 gr/planta en producción).

Las evaluaciones se realizaron sobre 12 plantas seleccionadas al azar en las:

Variables vegetativas: días de siembra a parición, ciclo del cultivo, altura de planta a parición, circunferencia del seudotallo, altura de vástago a parición, número de hojas a floración, número de hojas a cosecha.

Variables de producción: peso del racimo, número de manos, número de frutos, peso del fruto, longitud del fruto y diámetro del fruto.

Variables de incidencia de la Sigatoka negra: se utilizo la escala de Stover modificada por Gauhl (1989) y se anotaron dos variables: la hoja más joven manchada al momento de la floración

(Vakili, 1968) y el número de hojas erectas al momento de la floración. Las dos variables anotadas permitirán calcular el índice de hojas no manchadas (Ortiz *et al*, 1997) mediante la siguiente ecuación:

$$\text{IHNM} = \frac{100 * (\text{HMJN} - 1)}{\text{NHE}}$$

Esta ecuación mide el nivel de resistencia de *Musa* a la sigatoka.

Los resultados de cada tratamiento se evaluaron y se sometieron a prueba de t Students en PC-SPSS, versión 9.0 (SPSS Institute, Inc, Chicago, IL) para determinar diferencias estadísticas entre los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables vegetativas

Las plantas provenientes de cultivo *in vitro* presentaron un mayor período de duración para las variables días de siembra a parición ($P=0.0001$) y ciclo del cultivo ($P=0.0001$) que las plantas provenientes de propagación asexual (Cuadro 1). Sin embargo la circunferencia del pseudotallo fue mayor para el clon proveniente de propagación asexual ($P=0.017$) y el número de hojas a cosecha ($P=0.015$).

Con relación a las variables altura de planta a parición, altura de vástago a parición, y número de hoja a floración no se evidenció diferencias entre tratamientos (Cuadro 1).

El clon proveniente de propagación *in vitro* presentó en totalidad un ciclo más largo que el clon proveniente de propagación asexual en aproximadamente 4 semanas, lo cual le permitiría al productor programar los cronogramas de siembra de acuerdo a las necesidades del mercado y las condiciones agroclimáticas. La circunferencia del pseudotallo y el número de hojas a cosecha fue mayor para el clon proveniente de propagación asexual, esto concuerda con los resultados del trabajo de Navas (1998). De acuerdo a Pérez *et al* (1997) y Álvarez *et al* (1995), el vigor es una expresión de altura y circunferencia de las plantas y fue especialmente evidente que el clon proveniente de propagación asexual fue más robusto que el de propagación *in vitro*. Se pudo constatar que el clon

de propagación asexual presentó mayor número de hojas a cosecha que el clon proveniente de propagación *in vitro*, lo cual corrobora lo anterior. Sin embargo, se puede considerar que el clon proveniente de propagación *in vitro* en relación al grosor del pseudotallo fue satisfactorio, debido a que ambos clones no presentaron diferencias significativas en cuanto a la altura de planta.

Cuadro 1. Comparación de las variables vegetativas entre los clones hartón (AAB) por tipo de propagación

Variable	Propagación	n	Promedio *	P**
DSP***	In Vitro	12	416.25 ± 41.84	0.000
	Asexual	12	343.08 ± 38.93	
CC	In vitro	12	496.67 ± 38.94	0.000
	Asexual	12	439.83 ± 26.25	
APP	In vitro	12	2.73 ± 0.35	0.107
	Asexual	12	3.03 ± 0.50	
CS	In vitro	12	0.46±3.478E-02	0.017
	Asexual	12	0.49±3.186E-02	
AVP	In vitro	12	0.962 ± 0.11	0.494
	Asexual	12	1.03 ± 0.30	
NHF	In vitro	12	14.58 ± 0.79	0.813
	Asexual	12	14.50 ± 0.90	
NHC	In vitro	12	6.83 ± 0.83	0.015
	Asexual	12	8.42 ± 1.83	

* Promedios ± Desviación estándar; P** Probabilidad según prueba de t; *** DSP= días de siembra a parición; CC= ciclo del cultivo; APP= altura de planta a parición; CS= circunferencia del pseudotallo; AVP= altura de vástago a parición; NHF= número de hojas a floración; NHC= número de hojas a cosecha.

Variables de producción

En el cuadro 2 se puede apreciar que el clon *in vitro* mostró mayor número de frutos ($P=0.008$) y el clon asexual mayor peso de frutos ($P=0.0001$). Con relación a las variables peso de racimo, número de manos, longitud del fruto y diámetro del fruto, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos.

El clon asexual presentó mayor peso de fruto, esto posiblemente se debe al hecho que este clon presentó un mayor grosor del pseudotallo y mayor número de hojas a cosecha. Sin embargo no hubo diferencias significativas en el peso de racimo, esto debido a que el número de frutos para el clon *in*

vitro fue mayor y por tanto compenso el peso total del racimo.

Cuadro 2. Comparación de las variables de producción entre los clones hartón por tipo de propagación.

Variable	Propagación	n	Promedio*	P**
PR***	In vitro	12	11.074.17±3.616.85	0.156
	Asexual	12	12.725 ± 1.445.45	
NM	In vitro	12	6.25 ± 0.62	0.572
	Asexual	12	6.08 ± 0.79	
NF	In vitro	12	32.67 ± 3.62	0.008
	Asexual	12	28.50 ± 3.37	
PF	In vitro	12	342.25 ± 44.84	0.000
	Asexual	12	431.00 ± 42.00	
LON	In vitro	12	21.63 ± 1.68	0.843
	Asexual	12	21.77 ± 1.77	
DIAM	In vitro	12	4.19 ± .34	0.155
	Asexual	12	4.43 ± .45	

* promedios ± desviación estándar; ** P= probabilidad según prueba de t; *** PR= peso de racimo; NM= número de manos; NF= número de frutos; PF= peso de fruto; LON= longitud del fruto; DIAM= diámetro del fruto.

Variables de incidencia de Sigatoka negra

No se observaron diferencias significativas entre ambos clones en los promedios de las variables hojas más joven manchada, número de hoja erectas e índice de hojas no manchadas con relación al daño por efecto de la incidencia de la sigatoka negra (Cuadro 3).

A pesar de que no es parte de éste trabajo evaluar el manejo integrado de la Sigatoka con respecto a las variables evaluadas, se pudo observar que

Cuadro 3. Comparación de las variables de resistencia a Sigatoka negra por tipo de propagación.

Variable	Propagación	n	Promedio*	P**
HMJM	In vitro	12	9.89 ± 2.08	0.266
	Asexual	12	11.22 ± 2.77	
NHE	In vitro	12	14.44 ± 1.13	0.861
	Asexual	12	14.33 ± 1.50	
IHNM	In vitro	12	62.20 ± 17.61	0.929
	Asexual	12	61.55 ± 12.08	

* promedios ± desviación estándar; ** P= probabilidad según prueba de t; *** HMJM= hoja más joven manchada; NHE= número de hojas erectas; IHNM= índice de hojas no manchadas.

ambos clones mostraron respuestas similares a la acción del hongo en las condiciones de manejo integrado sin aplicación de funguicida, sin embargo el clon de propagación asexual presento mayor número de hojas a cosecha. Si es cierto que este clon es bastante susceptible a la acción de hongo *Mycosphaerella fijiensis*, Morelet, se pudo evidenciar que con un manejo integrado de prácticas culturales se puede obtener un manejo sostenible de la producción; esto se pudo constatar en la finalización del ciclo para el clon asexual con 8 hojas y el *in vitro* con 7 hojas. Pérez (1996) establece como valor mínimo para asegurar el llenado del racimo y su recolección 6 hojas.

Con relación a la variable hojas más joven manchada se puede apreciar en el Cuadro 3 que ambos clones presentaron un número mayor de 10, lo que coincide con Pérez (1996) cuando establece que éste valor debe ser igual o superior a 10 al inicio de la floración. Igualmente el índice de hojas no manchadas fue entre 62.20±17.61% para el *in vitro* y 61.55±12.08% para el asexual, lo cual puede indicar que ambos clones con un manejo integrado pueden responder favorablemente a la acción de la Sigatoka negra.

CONCLUSIONES

En el Campo Experimental del INIA en Sabaneta, Barinas (Venezuela) se instaló un ensayo con el clon de plátano Harton (*Musa AAB*) proveniente de cultivo *in vitro* para comparar su comportamiento con respecto al clon Harton proveniente de propagación asexual. Con relación a las variables vegetativas se determinó que el clon de propagación *in vitro* presentó un ciclo vegetativo más largo y el clon de propagación asexual una circunferencia de seudotallo más ancha y mayor número de hojas a cosecha. En las variables de producción el clon *in vitro* mostró mayor número de frutos y el clon asexual mayor peso de fruto y en las variables de incidencia de Sigatoka negra no se observaron diferencias significativa ente estos; sin embargo con un manejo integrado se puede finalizar el ciclo con 9 a 10 hojas y con racimos y frutos de calidad comercial. De las 16 variables evaluadas se puede inferir que el comportamiento del clon Harton de propagación *in vitro* es satisfactorio en relación al de propagación asexual y que dado las limitaciones existentes para obtener semilla de calidad a nivel de productor y a precio accesible,

el uso de plantas comerciales de propagación *in vitro* se presentan como una alternativa viable para el establecimiento de estas a nivel comercial y de pequeño productor; siempre y cuando se implementen las recomendaciones de un manejo integrado del cultivo ante la presencia de la enfermedad foliar Sigatoka negra.

RECONOCIMIENTOS

Al asistente de investigación Roger Gutiérrez y a la señora Enma Rondón por la transcripción de los datos de campo y los productores por su apoyo.

LITERATURA CITADA

- Álvarez, J; Guijarro, R; Orella, P; Pérez, L; Blanco, C; Delgado, V. 1995. Estudio preliminar de diferentes cultivares de banano y bananos de cocción procedentes de la FHIA en las condiciones de Cuba. In: V Reunión del comité asesor regional del INIBAP. Caracas. Venezuela. Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y Plátano (INIBAP) 7p.
- Arias, O; Valverde, M. 1987. Producción y variación somaclonal de plantas de banano variedad Grande Naine producido por cultivo de tejidos. Asbana (Costa Rica) 11(28): 6-11.
- Delgado, E; Paiva, R. 2001. Estudio del efecto de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet) sobre la sostenibilidad de la producción de musáceas en Barinas, Venezuela. Rev. Fac. Agron. (LUZ) 18: 277-289.
- Fages, O; Jiménez, F. 1995. El control de la sigatoka negra en el cultivo de plátano. Hoja técnica MIP N° 4. CATIE-CIRAD, Turrialba, Costa Rica. Septiembre 1995. 4p.
- Gaul, F. 1989. Epidemiología y ecología de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet) en plátano (*Musa* sp.), en Costa Rica. Tesis Ph.D. Univ. Gotingen (Alemania) Trad. Por Jaime Espinoza. Unión de Países Exportadores de Banano (UPEB) 126p.
- Hwang, S; Chen, C; Lin, J; Lin, H. 1984. Cultivation of banana using plantlets from meristem culture. Hort Science 19: 231-223.
- ICA. 1997. Prevención y manejo de la sigatoka negra. Boletín de Sanidad Vegetal 17. Santafé de Bogotá, D.C. 30p.
- Israeli, Y; Nameri, N. 1985. A simple high-density banana plantation planted with *in vitro* plants. Reunión ACORBAT, 7° San José. Costa Rica.
- Krikorian, A. 1989. *In vitro* culture of bananas and plantains: background, update and call for information. Tropical Agriculture (Trinidad) 66(3): 194-200.
- Krikorian, A; Cronuer. 1984. Rapid multiplication of bananas and plantains by *in vitro* shoot tip culture. Hort Science 19: 234-235.
- Lii, J; Lizardi, A; Arocho, A; Díaz, N; Rodríguez. 1989. *In vitro* propagation of plantain (*M. acuminata* x *M. balbisiana*, AAB) and banana (*M. acuminata* AAA) in Puerto Rico. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 73(1): 51-58.
- Martínez, G; Pargas, R; Manzanilla, E; Mu, D. 1998. Report on black Sigatoka status in Venezuela in 1997. INFOMUSA 7(1): 31-32.
- Navas, C. 1997. El plátano. Su cultivo en Venezuela. Ediciones Astro Data S.A. Maracaibo. Venezuela. 136p.
- Navas, C; Villareal, E; Villalobos, R. 1998. Comportamiento de plántulas del clon de plátano Harton (*Musa* AAB) en el Sur del Lago de Maracaibo. Rev. Fac. Agron. (LUZ) 15: 1-10.
- Ordosgoitti, F. A. 1999. Enfermedades del banano y el plátano en Venezuela. Medidas de control en Venezuela. Maracay. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP) Serie B, N° 37. 71p.
- Ortiz, R; Vuylsteke, R; Ferris, J; Okopro, A; Guessan, O; Hemeng, D; Yeboah, K; Afreh-Nuamah, E; Ahiekpor, E; Fouré, B; Adela, M; Ayodele, O; Arene, F; Ikiediugwu, A; Agbor, A; Nwogu, E; Okoro, G; Kayode, I; Ipinmoye, S; Lawrance, A. 1997. Developing new plantain cultivars for Africa. Plant varieties and seeds, 10: 39-57.
- Pérez, L. 1991. Comparación de varios métodos de propagación en bananos. En: Memoria ACORBAT Reunión 9°. Villa Hermosa, México, 15-25p.
- Pérez, L. 1996. Manual para el manejo integrado de la sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet) y la sigatoka amarilla (*Mycosphaerella musicola*, Leach ex Mulder) en bananos y plátano. FAO. Cuba, Septiembre. 51p.
- Pérez, L; Acuña, P; Sandoval, J. 1997. Evaluación agronómica de los tetraploides FHIA01 y FHIA02. CORBANA. 22(47): 11-19.
- Rodríguez, M; Rodríguez, S. 2001. Aspectos socioeconómicos del cultivo del plátano en Colombia: INFOMUSA 10(1): 4-9.
- Vakili, N. G. 1968. Response of *Musa acuminata* species and edibles cultivars to infection by *Mycosphaerella musicola*. Trop. Agr. (Trinidad) 45: 13-22.

Respuestas de intercambio de gases en plátano (Musa AAB cv. Hartón) bajo diferentes condiciones de déficit de agua en una región húmeda tropical del sur del Lago de Maracaibo, Venezuela

Leaf gas exchange in cv. Harton (Musa AAB) under several soil water deficit conditions in a humid tropical region in the south of Maracaibo Lake, Venezuela

Ramón E. Jaimez¹, Rada F.², García -Núñez, C.² y Azocar A.²

Resumen

Se evaluó el efecto de la disponibilidad de agua en suelos inceptisoles (franco- limosos), sobre los procesos de intercambio de gases en 3 plantaciones de plátano ubicadas en la región al sur del Lago de Maracaibo. En condiciones de campo, fueron realizados cursos diarios de tasas de asimilación (A), transpiración (E), conductancia (g_s) y mediciones microclimáticas, tanto a los 26-30, como a los 5-7 días sin lluvia. En todos los lugares, las mayores tasas de asimilación fueron obtenidas en horas de la mañana, independientemente de la condición hídrica del suelo. En los períodos de menor disponibilidad de agua, hubo un cierre estomático, lo cual trajo disminuciones entre el 12 al 20% y del 25 al 35 % en las tasas de totales diarias de transpiración y asimilación, respectivamente. Las plantas mostraron una menor eficiencia en el uso del agua (EUA) bajo condiciones de déficit hídrico. Después de periodos de 30 días sin lluvia, hubo una pronta recuperación de las tasas de asimilación y transpiración una vez comenzadas las lluvias.

Abstract

The effect of available soil water on leaf gas exchange was evaluated in three platatin platations on inceptisol soils (loamy fine) in the south of Maracaibo Lake region. Measurements of assimilation (A), transpiration (E), stomatal conductance (g_s) and micrometeorological conditions were carried out, every 2 our approximately during two periods: 26-30 days and 5-7 days without precipitation under field conditions. In all sites , higher A were obtained in the morning hours, independently of available soil water. Total daily transpiration (Etot) and assimilation (A tot) were reduced by 12 to 20 and 25 to 35 % under water deficit conditions, respectively. This was associated to a marked reduction in stomatal conductance. Water use efficiency (WUE) decreased under conditions of water stress. In spite of 30 days without rain, plants showed a quick recovery after precipitation started.

I

INTRODUCCIÓN

Los efectos de diferentes grados de déficit de agua del suelo sobre el intercambio de gases han sido revisados ampliamente (Farquhar et al, 1989). En el caso del género Musa, estos efectos se han enfocado especialmente en los cultivares de banana (grupo AAA) (Ke, 1979; Robinson y Albert, 1986; Hegde y Srinivas, 1989; Robinson and Bower 1988; Kallarackal et al , 1990; Thomas y Turner, 1998; Turner y Thomas, 1998; Goenaga y Irizarry, 2000).

Existe muy poca información acerca de las respuestas de los cultivares con el genoma balbisiana (B) bajo diferentes condiciones de humedad del suelo y condiciones microclimáticas (Turner, 1995). Se ha reportado en condiciones de campo que cultivares con el mismo número del genoma tipo B presentaron diferentes grados de tolerancia a las condiciones de estrés hídrico (Ekanayake et al., 1994). En condiciones de laboratorio y en plantas jóvenes de la variedad dominico Hartón (AAB) Cayón et al. (1998) reportaron reducciones no sig-

1. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (IIAP). Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Apartado postal 77 La Hechicera Mérida 5101, Venezuela. Fax: 058-274-2401503. E. mail: rjaimez@ing.ula.ve
2. Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas (ICAE). Facultad de Ciencias. Universidad de Los Andes. Mérida 5101, Venezuela

nificativas en la conductancia bajo condiciones de estrés hídrico al igual que la transpiración. Sin embargo, las tasas de asimilación fueron significativamente menores en las plantas estresadas.

La región Sur del Lago de Maracaibo en Venezuela, tiene la mayor extensión de tierras dedicadas a la producción de plátano (50.000 ha) (Cozz y Chávez, 1992). En este sector existe una diferencia de precipitación total anual de 400 mm aproximadamente, entre la faja sur (con mayor cantidad de precipitación anual) y la norte, tanto en años secos como en húmedos. Evaluaciones de la variabilidad y duración inter-anual de los períodos secos sobre el comportamiento a nivel ecofisiológico en el plátano para esta área no se han llevado a cabo. Tal información es importante a fin de usarla en programas de riego y además para conocer el efecto que pueden tener las condiciones de déficit de agua que se dan en los diferentes lugares de esta región. Por esta razón, este trabajo evalúa los efectos de diferentes condiciones de déficit de agua sobre el intercambio de gases en el cv. Hartón en varios sectores al Sur del Lago de Maracaibo, Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado en tres fincas:

Finca 1: ubicada en el sector Los Pozones, Municipio Alberto Adriani, Estado Mérida a unos 6 kms de la población El Vigía. El total de precipitación anual de la zona está entre los 1800- 1900 mm.

Finca 2: ubicada 32 Kms de El Vigía, 6 km después de la población de Cuatro Esquinas, Municipio Francisco Javier Pulgar, Estado Zulia. La precipitación anual total de esta zona está alrededor de los 1600 mm.

Finca 3: a 44 kms de El Vigía y 2 km. después de la población de El Chivo, Municipio Francisco Javier Pulgar, Estado Zulia. La precipitación media anual de la zona es de 1500-1550 mm.

Las plantas estaban en suelos tipo inceptisols: fluvaquentic, limoso fino, (USDA, 1996). Las características en cuanto a capacidades de retención de agua a 33 y 600 Kpa de estos suelos se presentan en el cuadro 1.

Las evaluaciones se realizaron en dos períodos con diferencias en la disponibilidad de agua en el suelo. Una medición bajo déficit realizada después de 25-30 días sin precipitación y la última de bajo

estrés realizada luego de 5 a 7 sin precipitación. Los contenidos de agua a 20 y 40 cm de profundidad en cada medición se estimaron gravimétricamente.

Se seleccionaron cuatro plantas aleatoriamente, que tenían varios ciclos de cultivo y aún no habían floreado. Las mediciones de intercambio de gases fueron realizadas en la parte media de las hojas 2, 3 y 4 de acuerdo a la metodología de Cayón et al. (1998b), evitando así problemas de sombreado y disminuciones en las tasas de intercambio gaseoso debido a envejecimiento de las hojas. Estas mediciones fueron realizadas cada 2 horas usando un sistema de intercambio de gases portátil en modo abierto (LCA-4, ADC). La radiación fotosintéticamente activa (RFA) fue medida mediante un sensor cuántico incorporado a la cámara foliar. Temperaturas foliares y del aire fueron medidas con termocuplas chromel-alumel (36gauge) y la humedad relativa con un higrómetro digital. Estas variables microclimáticas fueron usadas para determinar la diferencia de presión de vapor de agua hoja-aire (DPV). Se realizó la integración de los cursos diarios de asimilación y transpiración (9:30 a 15:30 horas) para obtener los valores totales de asimilación (A_{tot}) y transpiración (E_{tot}) (Rada et al, 1996).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En suelos franco limosos de la zona Sur del Lago de Maracaibo, después de 25-30 días sin precipitación, los porcentajes de humedad del suelo disminuyen aproximadamente un 50 % con respecto al porcentaje de humedad de capacidad de campo (cuadro 1). La sombra dada por las plantas de plátano probablemente evitan disminuciones menores en los contenidos de agua del suelo en los primeros 30 cm del suelo que es la profundidad donde se encuentra gran parte de las raíces. Esto en consecuencia influyen en un menor déficit de agua. Existe una tendencia a encontrarse mayores promedios cuando las condiciones de déficit de humedad aumenta. Sin embargo, esta tendencia no es significativa para el sector El chivo (cuadro 1). Valores mayores de DPV promedios (3.73 kPa) fueron reportados para áreas semiáridas en Australia en condiciones de laboratorio (Thomas y Turner, 1998).

La reducción parcial de la conductancia observada en condiciones de moderado estrés en cv.

Cuadro 1: Porcentaje de agua a capacidad de campo (10 KPa) y a 600 Kpa determinados en laboratorio, porcentaje de agua (as) a los 15 cm de profundidad DPV promedios (kPa) en los momentos de medición en condiciones de campo bajo moderado déficit (MD) y sin déficit (SD) hídrico del cv. Hartón. Valores son promedios $\pm$ error estándar.

LUGAR		10 Kpa	600 KPa	as	DPV
LOS POZONES	MD	37,5 $\pm$ 0,12	8,4 $\pm$ 0,24	18,1 $\pm$ 3,94	2,3 $\pm$ 0,08
	SD			24,6 $\pm$ 5,79	2,0 $\pm$ 0,17
CUATRO ESQUINAS	MD	34,8 $\pm$ 0,14	6,4 $\pm$ 0,10	14,1 $\pm$ 2,31	2,9 $\pm$ 0,21
	SD			21,3 $\pm$ 3,74	2,4 $\pm$ 0,33
EL CHIVO	MD	40,4 $\pm$ 0,17	9,8 $\pm$ 0,45	21,7 $\pm$ 2,60	2,0 $\pm$ 0,31
	SD			31,6 $\pm$ 1,32	1,9 $\pm$ 0,24

Hartón fue menor para periodos similares sin riego en plantas de banano en condiciones de invernadero. En banano, se ha reportado un cierre estomático casi completo luego de 25 días de estrés hídrico (Kallarackal et al, 1990). Este cierre parcial influye en reducciones tanto en las tasas de fotosíntesis como de transpiración. En suelos francos limosos los datos presentados demuestran que cv. Hartón es muy sensible a más altas condiciones de

humedad. En todas los lugares de medición entre 20–25 % de incremento en las tasas máximas de asimilación fueron obtenidas con respecto a condiciones de moderado déficit hídrico. Igualmente los promedios diarios en las tasas de asimilación fueron incrementadas aproximadamente un 33% (Cuadro 2). Esto se refleja en los valores de A_{tot} , cuya disminuciones en condiciones de moderado déficit de agua están entre 20 al 35 % (Cuadro 3). Se

Cuadro 2: Tasas máximas (A_{max}) y promedios (A_{pro}) de asimilación diaria ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), conductancia foliar ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) y transpiración ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) en los distintos lugares de la zona Sur del Lago de Maracaibo bajo condiciones de moderado déficit (MD) y sin déficit (SD) hídrico del cv. Hartón. Valores son promedios $\pm$ error estándar.

		LOS POZONES	CUATRO ESQUINAS	EL CHIVO
A_{MAX}	MD	12,94 $\pm$ 0,6	13,70 $\pm$ 0,2	10,90 $\pm$ 0,6
	SD	14,75 $\pm$ 0,8	18,20 $\pm$ 1,1	13,50 $\pm$ 0,9
A_{PRO}	MD	7,68 $\pm$ 2,1	10,12 $\pm$ 1,5	7,90 $\pm$ 0,8
	SD	11,56 $\pm$ 1,6	14,43 $\pm$ 1,3	11,90 $\pm$ 0,9
G_s	MD	0,26 $\pm$ 0,05	0,23 $\pm$ 0,01	0,28 $\pm$ 0,01
	SD	0,28 $\pm$ 0,04	0,31 $\pm$ 0,02	0,30 $\pm$ 0,01
E	MD	4,13 $\pm$ 0,5	4,93 $\pm$ 0,21	3,51 $\pm$ 0,33
	SD	4,51 $\pm$ 0,6	4,52 $\pm$ 0,27	4,01 $\pm$ 0,15

Cuadro 3. Tasas de asimilación total (A_{tot}) ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), y transpiración total (E_{tot}) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) y eficiencia en el uso de agua (A/E) de cv Harton en diferentes zonas al Sur del Lago de Maracaibo.

LUGAR		A_{TOT}	E_{TOT}	A/E
LOS POZONES	MD	202	105	1,92
	SD	263	135	1,94
CUATRO ESQUINAS	MD	223	89	2,5
	SD	345	87	4
EL CHIVO	MD	219	88	2,5
	SD	270	97	2,8

demuestra la importancia de mantener altas condiciones de humedad en el Sur del Lago de Maracaibo a fin de evitar disminuciones en las tasas de asimilación que influyan negativamente en la producción de frutos. Las máximas tasas de asimilación ($18-14 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) obtenidas en este estudio en condiciones húmedas durante las primeras horas de la mañana son similares a los reportados para el cv Lady finger (AAB) (Thomas, et al. 1998) bajo condiciones de laboratorio y menores a las obtenidas, también en condiciones de laboratorio, para cv Dominico-Hartón (AAB) (Cayón, et al. 1998a).

De igual manera que las tasas de asimilación, las de transpiración fueron menores en el modo moderado estrés en las cuales se realizaron las mediciones. Sin embargo, las disminuciones en la transpiración estuvieron entre el 8 al 13%. Este comportamiento del cv. Hartón se manifiesta en una menor eficiencia en el uso del agua (EUA) bajo condiciones de moderado déficit de agua (cuadro 3). Thomas y Turner (1998) también reportaron este comportamiento en el banano cv. Williams. Los datos demuestran que cv Hartón presentó una recuperación muy rápida en suelos limosos pese a haber estado sometido a periodos largos de déficit de agua.

CONCLUSIONES

Al igual que en banano las plantas de plátano presentan un cierre estomático que evita altas pérdidas de agua por transpiración. La EUA en el cv. Hartón son menores en la medida que el déficit de agua incrementa. Se recomienda el uso de riego en suelos franco limosos de la región donde se realizó este trabajo para los periodos de sequía ya que a partir de 25 días sin precipitación comienzan a mostrarse disminuciones en las tasa de asimilación entre 20 al 30 %, lo cual indudablemente influye negativamente en la producción de fruto.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo es parte del proyecto CVI-PIC-AGM-16, CDCHT-ULA, correspondiente a la agenda plátano. Agradecemos el apoyo logístico dado por la empresa VENEAGRO y los señores Nelson Urdaneta y Nelson Camal en el desarrollo de este proyecto en las fincas de su propiedad.

LITERATURA CITADA

- Cayón, M.G., El-Sharkawy, M.A. and Mejía de Tafur, S. 1998a. Efectos fisiológicos del estrés hídrico en el clon de plátano Dominico-Hartón (Musa AAB Simmonds). Infomusa 7 (2):12-14.
- Cayón, G., Belalcázar, S. and Lozada, J. 1998 b Ecofisiología del Plátano In Giraldo M. Belalcázar S. Cayón G. and Botero R. (eds) Seminario Internacional producción del plátano Armenia Quindío Colombia. Pp 221-235
- Coos, R. and Chávez L. 1992. Informe técnico sobre la situación actual de la sigatoka negra en el sur del Lago de Maracaibo. UNISUR-FONAIAP Chama Venezuela 1-10.
- Ekanayake, I.J., Ortiz, R. and Vuylsteke, D.R., 1994. Influence of leaf age, soil moisture, VPD and time of day on leaf conductance of various Musa genotypes in a humid forest-moist savanna transition site. Annal of Botany 74:173-178.
- Farquhar, G.D., Wong S.C., Evans, J.R., and Hubick, K.T., 1989. Photosynthesis and gas exchange In Jones, H., Flowers, T.J. and Jones, M.B. (eds) Plants under stress. Society for Experimental Biology pp. 47-69.
- Goenaga, R. and Irizarry, H., 2000. Yield and quality of banana irrigated with fractions of class A pan evaporation on an Oxisol. Agronomy Journal 92:1008-1012
- Hegde, D.M. and Srinivas, K., 1989. Irrigation and nitrogen fertility influences on plant water relations, biomass, and nutrients accumulation and distribution in banana cv. Robusta. Journal of horticultural science 64 91-98.
- Ke, L.S. 1980 Studies on the physiological characteristics of banana in Taiwan III. A study of the daily variation in photosynthesis, stomatal movement and leaf water potential of banana plant. Journal Chinese Soc. Hortic. Sci. 26:18-26.
- Kallarackal, J., Milburn, J.A. and Baker D.A., 1990. Water relations of the banana. III Effects of controlled water stress on water potential, transpiration, photosynthesis and leaf growth. Aust J. Plant Physiology 7:79-90.
- Rada, F., Azócar, A., Briceño, B., González, J. and García-Núñez, C., 1996. Carbon and water balance in *Polylepis sericea*, a tropical treeline species. Trees, 10: 218-222.
- Robinson, J.C. and Bower, J.P., 1988 Transpiration from banana leaves in the subtropics in response to diurnal and seasonal factors and high evaporative demand. Scientia Horticulturae 37: 129-143.
- Robinson, J.C. and Alberts, A.J., 1986. Growth and yield responses of banana (Cultivar 'Williams') to drip irrigation under drought and normal rainfall conditions in the subtropics. Scientia Horticulturae, 30:187-202.
- Thomas, D.S. and Turner ,D.W., 1998. Leaf gas exchange of drought and irrigated banana cv. Williams (Musa spp.) growing in hot , arid conditions. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 73 83):419-429.
- Thomas, D.S , Turner, D.W. and Eamus, D., 1998. Independent effects of the environment on the leaf gas exchange of three banana (Musa spp) cultivars of different genomic constitutions. Scientia Horticulturae 75 :41-57.
- Turner, D.W., 1995. Thr response of the plant to the environment. In Gowen S. (ed) Bananas and Plantains Chapman and Hall pp 207-228.
- USDA, 1996. Keys to soil taxonomy United States Department of agriculture Seventh edition pp 644.

Growing banana under shade screens as a mean of saving irrigation water: preliminary results

El cultivo del banano bajo red de sombra a fin de ahorrar agua de irrigación: resultados preliminares

Y. Israeli, C. Zohar, A. Arzi, N. Nameri, O. Shapira and Y. Levi

ABSTRACT

Grand Nain (AAA) banana plantation in the Jordan Valley, Israel, was covered with two different types of transparent shade screens that reduced light intensity by 17%-28% as compared to the uncovered control. Quantity of irrigation water applied to the shaded bananas during the season was reduced to 65% (1373mm) of the unshaded control (2115mm). The overhead shade screens increased relative humidity in the plantation, decreased temperature during the hot summer days, reduced vapor pressure deficiency and provided significant wind protection. The bananas in the shade house grew faster, shot 13 days earlier and were harvested 18 days earlier than the unshaded control. Reducing the irrigation water in the shade house by 35% did not have negative effect on production. Bunch weight was 4kg heavier than the control, yield was similar (about 89 ton fresh fruits per ha) and finger size was bigger. We conclude that protecting banana plantation with overhead transparent shade screens is very effective in saving irrigation water in the hot and arid climate of the Jordan Valley.

RESUMEN

Una plantación experimental de banano Gran Enano (AAA) en el Valle del Jordán, Israel, fue cubierto con dos tipos de redes diferentes. Estas redes dan sombra y reducen la radiación solar entre 17-28% comparado con el testigo. La cantidad de agua de irrigación que fue necesaria aplicar durante la estación de riego se redujo a 65% (1373mm) comparado con el plantío descubierto (2115mm). La sombra que da la red aumento la humedad relativa en la plantación, disminuyo la temperatura durante los calurosos días del verano, redujo la deficiencia de presión de vapor y dio una protección significativa contra vientos. El banano bajo la red creció mas rápidamente, floreció 13 días antes, y fue cosechado 18 días antes en comparación al testigo no sombreado. La disminución de la irrigación en el plantío sombreado en un 35% no trajo efectos negativos sobre la producción. El peso del racimo fue de 4kg mas que el testigo, el rendimiento fue semejante (aproximadamente 89 toneladas de fruta fresca por hectárea) y el tamaño de los dedos fue mayor. Se concluye de estas observaciones que la plantación de banano protegido con una red de sombra es muy efectiva para ahorrar agua de irrigación en climas calurosos y áridos como de la zona del Valle del Jordán.

I

INTRODUCTION

Growing banana in greenhouses is a common practice in the Mediterranean zone and in the Canary Islands (Cevik et al., 1984, Janick and Ait-Oubahou, 1989, Chouk-Allah, 1990, Galan-Sauco et al., 1992, Eckstein et al., 1998). The main purpose is to protect the banana against winter low temperatures and wind damage. Protected bananas usually gave higher yields and better fruit quality. In Israel, however, plastic-covered greenhouses failed to give positive results. The

reason is that during the very hot and dry summer (average maximum temperatures 37°-38°C during July and August; absolute maximum more than 45°C) the greenhouse air is excessively hot, especially at the leaf level, close to the plastic cover. The high temperatures cause marginal leaf desiccation, leaf deformations and bunch and fruit malformations. In addition, dust accumulation on the plastic sheet during the summer reduced light transmission and limited photosynthetic activity.

Our next step was, therefore, to try to replace the greenhouse with a shade house. The negative

* Jordan Valley Banana Experiment Station, Zemach 15132, ISRAEL. Tel: (972) 46757670; Fax: (972) 46757685; E-mail: jvban@kineret.co.il

effect of shade on banana was already documented (Israeli et al., 1995). We assumed, however, that banana grown under light, white-colored or transparent screens, will benefit the protection against wind damage and against excessive irradiation and thus overcome the damage of reduced photosynthetic activity.

Our main purpose in growing banana under shade screens is the reduction in water consumption. During the recent four years the region has suffered unusual low rainfall. Water reserves are now extremely low, and saving water is of utmost priority. We therefore tested the hypothesis that protecting banana with light, transparent shade screens will allow a significant reduction of the quantity of irrigation water, without (or with just a slight) negative effects on growth and production.

MATERIALS AND METHODS

A 6m high flat top shadehouse covering one ha was constructed using a combination of 3" and 2" galvanized poles connected and anchored to the ground with 5-6mm steel cables. The cables run over each banana row while perpendicular supporting cables were installed every 20m. Overhead guying cables were fixed along the rows at 4m height on the same poles. The shading net was stretched over the cables, covering the top and also all sides of the shade house, in order to give maximum wind protection. Two types of shading nets (=screens) were used, named 'Crystal' and 'Anti hail', each covering half of the shade house (0.5ha). Both nets had 12% initial shading rate, but the 'Hail' net is made of flate milky-white filament while the 'Crystal' is made of transparent round monofilament. The nets may differ in rate of dust adherence and in their behavior with regard to light transmission.

Grand Nain (AAA) tissue culture plants grown in 1.2L pots were planted in the shade house and in a neighboring open control plantation in 10 Aug. 2000. Planting distances in the shadehouse were 4.2m between the rows and 2.65m between the mats along the rows, three plants per mat (and a total of 2700 plants/ha). The control plantation had an intra-row distance of 2.5m and therefore 2860 plants/ha. The difference is based on the initial difference in light intensity.

The plantation was irrigated and fertigated with a drip system, two laterals for every banana row. Two different irrigation treatments were applied: "Normal" water supply (about 90% of the control) and "Reduced" water supply (65% of the control). The irrigation treatments were applied in randomized blocks with 8 replications, 12 banana mats (=36 plants) in each replication. Full information on growth and production was recorded. Automatic weather stations recording temperature and relative humidity were installed in each treatment. Soil water tension at a distance of 15 and 30cm from the drip lines, to a depth of 15 and 30cm, was periodically measured. The photosynthetically active radiation (PAR) was measured periodically with a Licor Li-190SZ quantum sensor, placed in the level of the banana plants canopy.

The results were analysed statistically using SAS application (SAS Institute Inc, Cary, NC, USA). The differences between the means of the replicated water quantity treatments were analysed using the General Linear Model and the Duncan multiple range test. The differences between the shadehouse and uncovered control bananas, and between the two types of shading screens, where no replications were used, the Students t statistic were used in order to evaluate the differences between the populations.

RESULTS

Light transmission

Shortly after planting, light transmission through the screens was slightly reduced, from the initial 88% to 83% light transmitted. One year later, light transmission was the same for the 'Hail' net but reduced to 72% with the 'Crystal' net (Table 1).

Irrigation and soil water tension

The control plants were irrigated according to the common practice of the Jordan Valley: daily irrigation based on pan A evaporation using a crop factor of 1 to 1.4. The lower factor used during the spring and autumn, the higher during the hot and dry summer. During the early 4 months after planting, the rate of water application in the shadehouse was only slightly different from the control in order to get optimal conditions for initial

Table 1: Photosynthetically Active Radiation (PAR, in mmol quanta m⁻²s⁻¹) measured at noontime at canopy level with a Licor 190SZ quanta sensor, ten days after planting and one year later. Each data value is the average of 6 measurements ($\pm$ SE).

PAR			
Date	Control	'Hail' net	'Crystal' net
20/8/00	1870 $\pm$ 13	1546 $\pm$ 7	1550 $\pm$ 8
	(100%)	(83%)	(83%)
21/8/01	1544 $\pm$ 10	1283 $\pm$ 10	1115 $\pm$ 27
	(100%)	(83%)	(72%)

establishment for all treatments (Table 2). Later, we significantly differentiated the water application: the 'Normal' irrigated bananas in the shade house received 91% of the water of the control, the 'Reduced' treatment received only 65% (Table 2).

The quantity of irrigation water divided by pan A evaporation for the main growth period was 1.18 for the control, 1.08 for the 'Normal' irrigation in the shadehouse, and only 0.77 for the 'Reduced' irrigation treatment. Despite the very significant reduction in water application, soil water tension was kept lower than 10 kPa, except during the spring and early summer, May-June (Table 3).

The effect on microclimate

The shading nets reduced air temperature, especially during the hot hours of the summer days,

and increased relative humidity. Consequently, the Vapour Pressure Deficiency (VPD), which represents the degree of environmental stress, was reduced up to 1 kPa (Table 4). These changes may explain why shadehouse bananas may perform well under lower irrigation rate.

Another important factor involved is the wind protection effect. It is not easy to precisely quantify this effect, but the difference was clearly evident. Very little wind damage was observed on the leaves of the shadehouse grown bananas while considerable damage was evident on the control leaves that were torn and sometimes even shredded.

Effect on growth and development

Planting banana in August is a common practice in the Jordan Valley. These plants usually grow

Table 2: Irrigation water quantity application (in mm) during the initial establishment and early growth period and during the following main growth, shooting and production period.

	Evap. (mm)	Irrigation Water application (mm)		
		Control	Shadehouse	
Period			'Normal'	'Reduced'
10/8/00 to 31/12/00	658	791 (100%)	771 (97%)	696 (88%)
1/1/01 to 20/11/01	1787	2115 (100%)	1935 (91%)	1373 (65%)

Table 3: The effect of reduced irrigation water application in the shadehouse on soil water tension (in kPa). Tensiometers readings were taken at a distance of 30cm from the dripper and the banana corm, at 30cm depth. Each data value is the average of six readings ($\pm$ SE).

	Soil water tension, kPa			
	May	June	July	August
Control	11.6 $\pm$ 0.6	9.1 $\pm$ 0.3	4.3 $\pm$ 0.6	8.6 $\pm$ 0.7
Shadehouse, 'Normal'	10.9 $\pm$ 0.3	9.4 $\pm$ 0.3	6.9 $\pm$ 1.4	7.1 $\pm$ 0.6
Shadehouse, 'Reduced'	31.8 $\pm$ 2.8	15.5 $\pm$ 2.2	8 $\pm$ 0.3	8.7 $\pm$ 0.4

Table 4: The effect of shading nets on microclimate during the hot and dry summer months of year 2001. Temperature (Temp.) and relative humidity (RH) were recorded inside the plantation, 2m above ground, in the shadehouse (=Shade H.), in the control (=Cont.) and in a nearby standard meteorological station (=Met. Sta.). The vapor pressure deficiency (=VPD, kPa) was calculated from the readings. Data presented are monthly mean or monthly absolute readings of daily observations.

	Daily maximum temp. (°C)			Daily minimum RH (%)			Daily maximum VPD (kPa)		
Month	Shade H	Control	Met Sta	Shade H	Control	Met Sta	Shade H	Control	Met Sta
	Means			Means			Means		
Aug	36.6	37.5	38.4	46.6	45.1	42.2	3.3	3.6	4.0
Sep	34.9	35.5	36.2	47.5	46.4	43.4	3.0	3.2	3.5
Oct	31.2	33.0	32.6	48.7	47.3	43.6	2.5	2.8	2.9
	Absolute values			Absolute values			Absolute values		
Aug	38.2	39.2	40.8	37.4	36.1	26.0	4.18	4.50	5.79
Sep	37.8	39.0	39.4	32.7	31.8	31.8	4.16	4.41	4.88
Oct	37.0	38.6	39.3	29.0	26.7	24.2	4.14	5.08	5.30

rapidly until temperatures drop in early January. Growth almost stops during January and February, and resumes in March. Rate of leaf emission increases between March to June. Floral differentiation takes place during February-March, and shooting starts in late June. Peak shooting is normally through July, and harvest during September-November. Number of plants per ha is normally high, 2700-2900, and bunch fresh weight 30 to 40kg. Potential production is therefore relatively high, 80 to 120 ton of fresh fruits per ha, but time from planting to harvest is long, about 14 months. In this experiment, the plants grew fast, especially in the shadehouse (Table 5). This resulted in early shooting: average shooting date for the shadehouse plants was in 13 days earlier than the unshaded control and percent of May shot plants was 35 in the shadehouse and only 12% in the control. Shadehouse bananas shot earlier, had bigger bunches, and bigger pseudostems (Table 5). Reducing the quantity of water in the shadehouse in 35% had no effect on rate of shooting or bunch size, but slightly reduced pseudostem size (Table 5). No difference was recorded between the two types of nets.

Effect on production

Shadehouse protected bananas produced bunches heavier than the control. We distinguish between all harvested bunches, including also very early bunches which were differentiated in the

winter and are of poor quality and low weight, and main harvests bunches which are of the best size. The shadehouse bunches in the main harvest period were heavier by 4kg than the control (Table 6), but very little difference was noted in the overall seasonal average. This is explained by the earliness of floral differentiation, shooting and harvesting under the shadehouse. High percentage of very early (and therefore lower in weight) bunches result in reduced average bunch weight. The total yield of the shadehouse bananas was, however, similar to the control and single fruit size - weight and length - was significantly higher (Table 6). Reducing quantity of irrigation water did not have negative effects on bunch weight and on yield. Minor effect on finger length was noted (Table 6). The 'Crystal' net had an advantage in bunch weight and in finger size over the 'Hail' net.

DISCUSSION

Water requirement of Jordan Valley banana is high. In a recent 8 years long irrigation experiment a clear linear response of growth and production to irrigation water quantity was noted. When annual irrigation water quantity was experimentally reduced from 2682 mm/gear to 1087 mm/gear annual production dropped from 61.21 ton/ha to 44.25 ton/ha. The effect was linear, with the formula $\text{Yield (ton)} = 0.0011 Q + 32.69$, $R^2=0.9756$ where Q is the annual quantity of irrigation water (mm) (Israeli et al., unpublished).

Table 5: The effect of protecting shade net, the quantity of irrigation water applied to banana under the shade net and the effect of two different net types on growth, shooting rate and plants characteristics at shooting. Analysis of variance and F test using SAS general linear model procedure were used to evaluate the significance (signif.) of differences between the replicated irrigation water quantity treatments, and Student's t-test for comparing the two populations of the other two treatments.

Parameter	Effect of shadehouse			Effect of water quantity			Effect of net type		
	Control	Shaded	Signif.	Normal	Reduced	Signif.	'Hail'	'Crystal'	Signif.
Plants height in									
12/2/01 (cm)	155	175	0.0001	175	175	N.S.	174	176	N.S.
Mean shooting date	27/6/01	14/6/01	0.0102	14/6/01	16/6/01	N.S.	17/6/01	13/6/01	N.S.
Percent plants shot until:									
31/5/01	12	35	0.0069	35	32	N.S.	31	36	N.S.
30/6/01	68	82	0.0521	82	82	N.S.	78	86	N.S.
31/7/01	99	100	N.S.	100	99	N.S.	99	100	N.S.
Number bunches/ha	2700	2590	N.S.	2590	2640	N.S.	2600	2620	N.S.
Number hands/bunch	12.7	13.2	0.0110	13.2	13.4	N.S.	13.3	13.3	N.S.
Plant height shooting (cm)	271	283	0.0100	283	277	0.0242	277	279	N.S.
Pseudostem girth at 1m (cm)	62.4	64.2	0.05	64.2	62.2	0.0128	63	63	N.S.

Table 6: The effect of protecting shade net, the quantity of irrigation water applied to banana grown under the shade net and the effect of two different types of net on the production and fruit characteristics. Analysis of variance and F-test using SAS general linear model were used to evaluate the significance (signify.) of differences between the replicated irrigation water quantity treatments, and Student's t-test for comparing the two populations of the other two treatments.

Parameter	Effect of shadehouse			Effect of water quantity			Effect of net type		
	Control	Shaded	Signif.	Normal	Reduced	Signif.	'Hail'	'Crystal'	Signif.
Bunch weight (kg)									
All bunches	34.8	35.6	N.S.	35.6	35.1	N.S.	35.0	35.7	N.S.
Main harvests bunches	35.7	39.6	0.0002	39.6	39.7	N.S.	38.7	40.6	0.0580
Yield (Ton/ha)	89.0	88.6	N.S.	88.6	89.7	N.S.	87.7	90.6	N.S.
Number bunches									
Harvested/ha	2600	2490	N.S.	2490	2560	N.S.	251	254	N.S.
Mean harvest date	11/10/01	23/9/01	0.0011	23/9/01	23/9/01	N.S.	26/9/01	19/9/01	N.S.
Finger sample (3 rd hand)									
Weight (gr)	151	174	0.0005	174	167	N.S.	166	175	0.0086
Length (cm)	20.4	21.3	0.0054	21.3	20.8	0.0217	20.7	21.3	0.0017
Girth (cm)	12.0	12.4	0.0010	12.4	12.4	N.S.	12.3	12.5	N.S.

The reasons for the high water consumption are the dry, hot and windy weather and the calcareous, partially saline soils. Irrigation water salinity (EC ~ 1.2dSm⁻¹) is also a problem. Efforts to reduce water consumption concentrated on improving the irrigation system and gaining better technical control. Another approach was to save water by correlating the daily application to the environmental stress (temperature, VPD) and the

use of pulse-irrigation. These efforts resulted in reducing the rate of irrigation to about 2200mm per year (without a drop in production). But this is not enough. Under the pressure of a four years drought, we are looking for a more substantial saving of water.

In his early physiological studies in the Jordan Valley Shmueli (1953) has already shown the significant increase in transpiration with increased

wind. The common Mediterranean breeze blows almost daily in the Jordan Valley during the summer, causing substantial transpiration. Our assumption was that protecting the bananas from the wind would reduce water consumption. Although shading banana may cause reduced photosynthesis and drop in production (Israeli et al., 1995), the benefit of wind protection may overcome the negative effect of shading.

The actual results are very satisfactory: water consumption was reduced by 35%, to 1373 mm/Y, without negative effects on yields or bunch weight. Fruit production per volume of water used improved significantly: from 42kg/mm/ha in the control, to 65.3kg/mm/ha in the shadehouse. We do see some initial negative effect on finger length. We therefore aiming, at this moment, at only 30% water saving.

This preliminary study is now continuing on a wider scale, in purpose do increase our understanding of the physiological basis and to further improve the practical results.

LITERATURE

1. Cevik, B., Kaska, N., Tekinel, O. and Dinc, U. (1984) The effects of drip and basin irrigation on growth, yield and quality of bananas grown in greenhouse conditions with various mulching materials. *Doga Bilim Dergisi, D2 Tarim ve Ormancilik*, 8(3):265-275.
2. Choukr-Allah, R. (1990) Problems of greenhouse winter production in Morocco. *Acta Horticulturae*, No. 263, 39-46; 3 fi:39-46.
3. Eckstein, K., Joubert, W. and Fraser, C. (1998) Greenhouse cultivation of bananas in South Africa. In: Galan-Sauco, V. (ed.) *Proceedings of the international symposium on banana in the subtropics. November 10-14, 1997, Puerto de la Cruz, Canary Islands, Spain*. p. 135-145.
4. Galan-Sauco, V., Cabrera-Cabrera, J. and Hernandez Delgado, P.M. (1992) Phenological and production differences between greenhouse and open-air bananas (*Musa acuminata* Colla AAA cv. Dwarf Cavendish) in Canary Islands. *Acta Horticulturae*, 296:97-112.
5. Israeli, Y., Plaut, Z. and Schwartz, A. (1995) Effect of Shade on Banana Morphology, Growth and Production. *Scientia Horticulturae*, 62(1-2):45-56.
6. Janick, J. and Ait-Oubahou, A. (1989) Greenhouse production of banana in Morocco. *Hortscience*, 24(1):22-27.
7. Shmueli, E. (1953) Irrigation studies in the Jordan Valley. 1. Physiological activity of the banana in relation to soil moisture. *The Bulletin of the Research Council of Israel*, 3:228-247.

Altas densidades de siembra en plátano, una alternativa rentable y sostenible de producción

High plant density in plantain, a profitable and sustainable alternative of production

Belalcázar C., S.

RESUMEN

El plátano (*Musa* AAB Simmonds), es un alimento indispensable y económico, cuya planta crece en las regiones tropicales y subtropicales de América Latina. Su consumo se ha incrementado constantemente en los últimos años. El crecimiento de la población y la consecuente demanda por más alimentos, ha fomentado la investigación de métodos innovativos de producción, que permitan alcanzar producciones sostenibles altas. La siembra de altas densidades de población puede incrementar significativamente la producción por unidad de área. Trabajos de investigación realizados en los últimos años han registrado incrementos por encima del 300%, cuando las densidades de siembra fueron incrementadas de las tradicionales 1000 plantas/ha a 3000 plantas/ha. Un beneficio adicional de la siembra de altas densidades de población, es la baja incidencia de las Sigatokas amarilla (*Mycosphaerella musicola*) y negra (*Mycosphaerella fijiensis*), dos de las más importantes enfermedades que afectan al cultivo. Las altas densidades de población incrementan la duración del ciclo vegetativo y reducen el peso de los racimos, pero los efectos negativos sobre estos dos factores son superados por el alto número de racimos cosechados por unidad de área. Estos resultados han atraído la atención de agricultores, personal de los Servicios de Extensión e Investigadores en varios países de América Latina. El Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, inició en 1985 el programa de investigación en altas densidades, el cual fue continuado por Corpoica. A continuación se discuten algunos de los resultados de este programa.

ABSTRACT

Plantain (*Musa* AAB Simmonds), is a staple and inexpensive food grown in the tropical and subtropical areas of Latin America. Plantain consumption in the region has been increasing steadily in recent years. Population growth and the consequent demand for more food have encouraged the search for innovative methods of production that can obtain higher sustainable yields. High plant density can significantly increase yield per unit area. Research work conducted in the last years has documented yield increased of up to 300 percent where plantain plant population were increased from the traditional 1000 plants/ha to 3000 plants/ha. An added benefit of high-density plantain cultivation is a lower incidence of yellow Sigatoka (*Mycosphaerella musicola*) and black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*), two of the most important diseases affecting the crop. High plant population increase the length of the production cycle and reduces bunch weight, but the negative effect of these factors is outweighed by the higher number of bunches per unit area. These results have attracted the attention of plantain growers, extension personnel, and researchers in several countries of Latin America. Starting in 1985, the Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, initiated a research program to investigate high-density plantain cultivation, which was continued by Corpoica. Some of the results from this program are discussed here.

I

IMPORTANCIA ECONÓMICA

Para hacer un uso más apropiado de la tierra y para aumentar la rentabilidad de los cultivos, el hombre ha recurrido al empleo de prácticas agronómicas y/o cultivos altamente productivos. Para el caso del cultivo del plátano se presenta una

nueva alternativa, la cual hace relación a la siembra de altas densidades de población a un solo ciclo de producción, mediante la siembra de una, dos o tres plantas por sitio, bajo una misma o diferentes distancias de siembra.

Esta modalidad induce a manejar el plátano

* IAH-INIBAP-LAC, Colombia. Apartado Aéreo 1807, Armenia, Quindío, Colombia; Teléfono: (576) 7495371; Fax: (576) 7496371; E-mail: belcar@epm.net.co

como un cultivo anual, de tal manera que una vez efectuada la recolección del primer ciclo de producción, se proceda a eliminar la plantación y a establecer en la misma área una nueva siembra. Si bien es cierto que, respecto a las explotaciones tradicionales, este sistema modifica cualitativa y cuantitativamente los parámetros de crecimiento y desarrollo, ello se compensa con los altos rendimientos que pueden ser incrementados hasta en 100%.

VENTAJAS ECONÓMICAS

El sistema de altas densidades, con manejo de las unidades productivas a un solo ciclo productivo, podría constituirse en una alternativa bastante rentable, por cuanto ofrece al agricultor las siguientes ventajas:

- Mayor rentabilidad por hectárea, como resultado del incremento de los rendimientos, que, dependiendo de la densidad utilizada, puede ser hasta de 100%.
- Mayor eficiencia y aprovechamiento de los factores de producción relacionados con tierra, trabajo y capital, mediante un uso más apropiado de la tierra y la mano de obra.
- Reducción de costos de producción como consecuencia de la disminución de la mano de obra y el uso de insumos agrícolas.
- Incremento de la rentabilidad mediante la programación escalonada de la siembra para recolección del producto en épocas de mayor demanda y costo.
- Incremento de los ingresos por la gran cantidad de colinos o hijos producidos, cuyos cormos pueden utilizarse como semillas de óptima calidad (hasta 15.000 cormos/ha).
- Reducción de la incidencia y severidad del ataque de las Sigatokas (amarilla y negra), como resultado de la modificación de algunas condiciones ambientales dentro de la plantación, principalmente la humedad relativa y la temperatura.

DENSIDAD POBLACIONAL

Uno de los aspectos técnicos que más ha evolucionado en la explotación del cultivo del plátano en Colombia, es el relacionado con el incremento en la densidad poblacional, que de más de 250 plantas/ha pasó a 1000 plantas/ha; sin embar-

go, esta mayor densidad sigue considerándose como muy poco rentable por los bajos rendimientos y los costos altos que demanda el manejo de enfermedades, plagas y malezas, los cuales, con la alternativa de altas densidades, se pueden reducir considerablemente y los rendimientos pueden ser superados hasta en 100%.

La elección del productor por una determinada densidad de población a sembrar, como se anotó previamente, está estrechamente relacionada con el sistema de comercialización del producto. Cuando ésta se realiza por el sistema de racimo, la siembra de altas densidades no presenta ninguna clase de limitación, puesto que los pesos de los racimos cosechados superan a los producidos con densidades tradicionales. Incluso cuando el producto es para mercados especializados, la población podría incrementarse hasta 2500 plantas/ha, utilizándose distancias de 2,0 x 2,0 m, plantando una semilla por sitio, o bien 4,0 x 2,0 m con dos semillas por sitio.

Los resultados de investigaciones muestran que el incremento de la densidad poblacional tiene influencia sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo (Cuadros 1 y 2). El efecto de ampliación del ciclo vegetativo, cuya mayor diferencia es de 2,5 meses, pueden considerarse como relativo, en razón a que los rendimientos obtenidos los contrarrestan y superan, bajo cualquier clase de consideración y análisis, en razón a que para el productor se justifica esperar 2,5 a 4,5 meses para recolectar el producto, a cambio de beneficiarse del rendimiento de 40,5 y 51,8 t/ha, correspondientes a la siembra de 3332 y 4998 plantas/ha, respectivamente, en comparación con poblaciones de 1666 plantas/ha, que alcanzan un rendimiento de 23,2 t/ha.

La disminución del porcentaje de plantas cosechadas está relacionada con: inapropiado proceso de siembra, ataque de enfermedades y plagas y podría atribuirse, además, a plantas con problemas en su proceso de crecimiento inicial, derivado de siembra en un mismo hoyo de semillas de diferente tamaño o retardo en su proceso de brotación, las cuales es mejor eliminarlas a edad temprana, para así evitar su competencia por luz, agua y nutrientes, que dejarlas para que entren a formar parte de la cosecha tardía o residual, la cual dificultaría o alteraría la programación de la nueva siembra, cuando se implementa el sistema de pro-

Cuadro 1. Efectos de las distancias y densidades de siembra sobre el crecimiento, desarrollo y producción durante tres ciclos de producción del clon de plátano Dominico-Hartón (*Musa* AAB Simmonds)

Distancias siembra (m) (plantas/sitio)	Plantas (ha)	Ciclos de producción	Altura planta (m)	Perímetro seudotallo* (cm)	Ciclo vegetativo (meses)	Peso racimo (kg)	Racimos cosechados (%)	Rendimiento calculado (t/ha)
3,3 x 2,0 (Una)	1500	1	3,6	58	16,2	16,4	90	22,4
		2	4,8	69	26,2	20,1	63	19,2
		3	5,0	70	37,5	19,4	60	17,6
3,3 x 2,0 (Dos)	3000	1	3,9	61	18,3	15,7	85	40,5
		2	5,0	61	34,7	14,8	55	24,7
		3	5,1	61	48,2	14,1	41	17,6
5,0 x 2,0 (Una)	1000	1	3,4	67	16,0	16,5	91	15,0
		2	4,7	73	24,7	20,5	84	17,2
		3	4,9	72	35,0	20,3	62	12,6
5,0 x 2,0 (Dos)	2000	1	3,7	59	17,6	16,0	84	26,8
		2	4,9	67	30,8	19,3	81	23,3
		3	5,1	68,0	44,6	16,7	66	22,1
5,0 x 4,0 (Dos)	1000	1	3,5	59	17,2	16,3	100	16,3
		2	4,7	71	26,8	20,2	97	19,5
		3	4,9	69	37,0	20,7	66	13,7
5,0 x 4,0 (Tres)	1500	1	3,7	61	18,4	17,8	93	24,8
		2	4,9	69	30,4	21,5	80	25,8
		3	5,0	73	42,8	18,5	66	18,8

* A un metro de la superficie del suelo.

Cuadro 2. Influencia de las densidades de siembra sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del clon de plátano Dominico-Hartón (*Musa* AAB Simmonds)

Distancia siembra (m) (plantas/sitio)	Plantas (ha)	Altura planta (m)	Perímetro seudotallo* (cm)	Ciclo vegetativo (meses)	Rendimiento calculado (t/ha)	Plantas cosechadas (%)
3,0 x 2,0 (Una)	1666	3,5	49	15,5	23,2	93
3,0 x 2,0 (Dos)	3332	4,2	50	18,0	40,5	85
3,0 x 2,0 (Tres)	4998	4,3	51	20,0	51,8	78

* A un metro de la superficie del suelo.

ducción: plátano-relevo-plátano. A pesar de esta problemática, común a cualquier sistema o densidad poblacional, la siembra en altas densidades, con dos y tres plantas por sitio, es superior en rendimientos a la de una planta por sitio.

DISTANCIAS DE SIEMBRA

En el sistema de altas densidades, es fundamental el conocimiento sobre los arreglos correspon-

dientes a las distancias de siembra, por cuanto pueden permitir plantar una misma densidad de población utilizando, para una misma distancia, dos a tres plantas por sitio o bien utilizando una planta por sitio para una distancia de siembra determinada. Un ejemplo al respecto podría ser el correspondiente a la densidad de 2500 plantas/ha, que puede obtenerse sembrando dos plantas por sitio a 4,0 x 2,0 m o una planta por sitio a 2,0 x

2,0 m. Los estudios realizados para definir los arreglos más apropiados y rentables en cuanto a distancia y densidad poblacional, se muestran en el Cuadro 3, según el cual las distancias y poblaciones consideradas no alteran en forma significativa el crecimiento y desarrollo, pero sí la producción. El peso del racimo se incrementa paulatinamente con el aumento de la distancia de siembra, correspondiendo el mayor peso de racimo a la mayor distancia de siembra; sin embargo, los rendimientos no registran la anterior relación de correspondencia y, aparentemente, están influenciados por el porcentaje de plantas cosechadas. De todas maneras, para dichas distancias, la densidad de población más apropiada y rentable, sembrando dos plantas por sitio no debe superar las 3332 plantas/ha.

A pesar de la gran bondad y ventajas económicas que ofrece este sistema de siembra, su adopción por parte de los productores afronta problemas

relacionados con el tradicionalismo en la aplicación de ciertas prácticas agronómicas y el mercado del producto, entre otras, las cuales inducen a buscar otras alternativas, como la de sembrar altas densidades recurriendo para ello a distancia de siembras cortas utilizando únicamente una semilla por sitio, esto con el fin de obviar la práctica de poda de emparejamiento. Las investigaciones desarrolladas con este propósito indican que al utilizar distancias de siembra que varían de 2,0 x 1,25 a 2,5 x 2,0 m y poblaciones que fluctúan entre 2000 y 4000 plantas/ha, estas no afectan la altura de la planta, el perímetro del seudotallo y el número de hojas emitidas (Cuadro 4). En el caso de la duración del ciclo vegetativo, estos resultados confirman que su duración se incrementa paulatinamente con el aumento de la población, de tal manera que el ciclo más corto (16,6 meses), lo registra la densidad de 2000 plantas/ha y el más largo (18,1 meses), la población de 4000 plantas/ha.

Cuadro 3. Efecto de la distancia de siembra sobre los parámetros de crecimiento, desarrollo y producción del clon de plátano Dominico-Hartón (*Musa AAB Simmonds*)

Plantas/ha	Altura planta (m)	Perímetro seudotallo* (cm)	Hojas emitidas	Duración ciclo vegetativo (meses)	Peso racimo (kg)	Rendimiento (t/ha)	Plantas cosechadas	
							No.	%
3006	4,3	62	37,5	17	15,3	30,6	2074	69
3482	4,2	58	37,5	18	14,5	32,8	2333	67
3717	4,4	59	37,2	18	14,2	33,1	2379	64
4056	4,6	58	37,1	18	13,1	32,5	2555	63

Cuadro 4. Efecto de la densidad de población sobre los parámetros de crecimiento, desarrollo y producción en el clon de plátano Dominico-Hartón (*Musa AAB Simmonds*)

Distancia siembra (m)	Densidad poblacional (plantas/ha)	Altura planta (m)	Perímetro seudotallo (cm)	Hojas emitidas	Duración ciclo vegetativo (meses)	Frutos por racimo	Peso racimo (kg)
2,5 x 1,00	4000	3,8	51	38	17,24	46	15,0
2,5 x 1,25	3200	3,5	50	37	17,03	45	15,7
2,5 x 1,50	2666	3,5	50	38	17,46	43	16,0
2,5 x 1,75	2286	3,5	50	38	17,57	47	16,3
2,5 x 2,00	2001	3,7	55	38	16,61	50	16,0
2,5 x 2,00*	4009	3,5	54	37	17,57	49	15,7
2,0 x 1,25	4000	3,6	48	38	18,18	47	15,7
2,0 x 1,50	3333	3,6	52	38	16,92	45	15,3
2,0 x 1,75	2857	3,7	51	37	17,35	50	14,7
2,0 x 2,0	2500	3,5	51	38	17,57	48	15,3

* Dos plantas por sitio.

El número de frutos y el peso del racimo no son afectados significativamente por la densidad de siembra, lo cual está indicando que existen alternativas válidas para el manejo de poblaciones y distancias de siembra.

NÚMERO DE COLINOS POR UNIDAD PRODUCTIVA

Los resultados de las investigaciones adelantadas para determinar el número más apropiado y económico de semillas que podrían sembrarse por cada hoyo o unidad productiva, se registran en el Cuadro 5, los cuales muestran que este no debe superar las tres plantas por cada unidad productiva, con el cual, a pesar de que solo se cosecha el 70% de las plantas sembradas, se obtiene el mayor rendimiento (39,3 t/ha).

De acuerdo con esta información, al implantar el sistema de altas densidades es antieconómico usar más de tres semillas por sitio, y en caso de hacerlo, desde el momento de la siembra se esperarían pérdidas de plantas cercanas al 50%, además, los rendimientos obtenidos para cuatro semillas por unidad productiva son inferiores al rendimiento obtenido con dos plantas por sitio.

ÉPOCA DE RELEVO

La tecnología generada para la siembra y explotación rentable del cultivo del plátano, bajo el concepto de sistemas intensivos, como ya se ha podido apreciar, no solo permite el uso eficiente del recurso tierra sino también un manejo integral de problemas fitosanitarios y de las malezas, con el consecuente efecto en la reducción de costos de producción y el incremento de las utilidades para

el agricultor.

Entre otras ventajas que ofrece el sistema, está el de permitir la planificación de la producción bajo un manejo de siembras escalonadas, de tal manera que la finca estaría en un proceso continuo de producción, cuyo volumen de cosecha guardaría relación con el tamaño de la finca y la duración del ciclo vegetativo. Dentro de este sistema de producción: plátano-relevo-plátano, es importante considerar la época en que debe hacerse la nueva siembra, la cual debe realizarse en las calles.

Al respecto, los estudios realizados con poblaciones de 3332 plantas/ha muestran que para la siembra del relevo, no debe esperarse a que en la parcela objeto de esta práctica se haya cosechado la totalidad de las plantas, sino únicamente el 50% de ellas, correspondiendo a esta época de siembra del relevo los mayores pesos de racimo y el rendimiento más alto (Cuadro 6). En el mismo Cuadro puede observarse que la siembra del relevo, en cualquiera de las épocas de floración y cosecha consideradas, afecta el ciclo vegetativo, registrándose una mayor duración en las siembras efectuadas en las tres épocas de floración evaluadas, posiblemente como una consecuencia del sombrero ejercido por las plantas a relevar, efecto que va reduciéndose a medida que transcurre el proceso de recolección de la cosecha. El período del ciclo vegetativo que más se afecta es el de siembra a floración, que varió de 14,5 a 17,9 meses; más no así el período de llenado y de floración a cosecha, que variaron entre 4,1 y 4,5 meses, lo cual es normal para el clon Dominico-Hartón, cuando se cultiva bajo condiciones de clima medio.

Cuadro 5. Efecto del número de plantas por unidad productiva sobre los parámetros de crecimiento, desarrollo y producción en el clon de plátano Dominico-Hartón

Plantas por unidad productiva	Altura planta (m)	Perímetroseudotallo (cm)	Hojas emitidas	Duración ciclo vegetativo (meses)	Peso racimo (kg)	Rendimiento (t/ha)	Plantas cosechadas		3,0 x 3,0 (m)	3,0 x 2,5 (m)	3,0 x 2,0 (m)	3,5 x 2,0 (m)
							No.	%				
1 ^a /	4,0	61	37,1	15,8	17	21,0	1208	88	1111	1333	1666	1428
2	4,0	58	37,4	17,1	15	34,1	2334	84	2222	2666	3332	2856
3	4,5	60	37,0	18,0	14	39,3	2890	70	3333	3999	4998	4264
4	4,6	58	37,6	18,7	13	33,4	2620	48	4444	5332	6664	5712
5	4,6	58	37,5	19,2	13	33,5	2622	39	5555	6665	8330	7140

^a/ Plantas por unidad productiva para cada distancia evaluada.

Cuadro 6. Efecto de la época de siembra del relevo sobre las variables de crecimiento, desarrollo y producción en el clon de plátano Dominico-Hartón (*Musa* AAB Simmonds)

Epoca siembra relevo	Altura planta (m)	Perímetroseudotallo (cm)	Hojas emitidas	Duración ciclo vegetativo relevo (meses)			Peso racimo (kg)	Rendimiento calculado (t/ha)
				Siembra a floración	Floración a cosecha	Siembra a cosecha		
Floración								
50%	3,8	53	38	17,9	4,4	22,3	13,1	34,8
75%	3,8	54	38	16,7	4,1	20,8	13,0	34,7
100%	3,6	52	38	16,7	4,2	20,9	12,6	33,7
Cosecha								
25%	3,7	55	38	15,6	4,5	20,1	13,7	36,6
50%	3,7	55	38	15,7	4,4	20,1	14,1	37,5
75%	3,6	55	38	14,5	4,3	18,8	13,0	34,7
100%	3,7	54	38	15,2	4,2	19,4	12,8	34,2

RELEVO Vs. TAMAÑO DE SEMILLA

Los estudios sobre la clase de colino y tamaño del corno a utilizarse como semilla, demostraron que tratándose de un primer ciclo de producción, estos aspectos no tienen ninguna influencia sobre el peso del racimo. Los resultados presentados en el Cuadro 7 indican que para el caso del relevo, el tamaño de la semilla tampoco tiene efecto sobre el peso del racimo, comprobándose, una vez más que las diferencias registradas corresponden al manejo agronómico dado a la plantación y no al tamaño de la semilla utilizada, como tradicionalmente se ha creído. En este estudio el mayor peso de racimo (13,6 kg) y rendimiento más alto (36,3 t/ha) se obtuvieron con semillas con peso comprendido entre 0,5 y 1,0 kg.

REQUISITOS TECNOLÓGICOS

La utilización y el éxito de este sistema de siembra de altas densidades, están sujetos al empleo de las recomendaciones que han generado las investigaciones realizadas para mejorar la producción

y rentabilidad del cultivo, las cuales involucran los siguientes aspectos:

Tamaño de semilla

Las semillas a sembrar por cada hoyo o unidad productiva (dos o tres unidades), deben ser lo más uniformes posible, cuya clasificación por tamaño debe hacerse al momento de la preparación, lo que no solo evita las pérdidas de plantas por la diferencia inicial en su crecimiento y desarrollo, sino que además permite obtener bloques uniformes de plantas de acuerdo a cada tamaño de semilla, lo que posteriormente va a facilitar las labores de recolección y celaduría.

Poda de emparejamiento

A pesar de usarse semilla de tamaño uniforme, pueden presentarse casos en que una o dos plantas, en relación con una tercera, puedan registrar diferencias bastante marcadas en su altura. La experiencia que se tiene en tal sentido muestra que si no se controla dicha diferencia, se corre el ries-

Cuadro 7. Efecto del tamaño de la semilla en el sistema de producción plátano-relevo-plátano, sobre los parámetros de crecimiento, desarrollo y producción del clon de plátano Dominico-Hartón (*Musa* AAB Simmonds)

Tamaño semilla (kg)	Altura planta (m)	Perímetroseudotallo (cm)	Hojas emitidas	Duración ciclo vegetativo relevo (meses)	Peso racimo (kg)	Rendimiento calculado (t/ha)
0,5 – 1,0	3,7	55	38	20,6	13,6	36,3
1,1 – 2,0	3,6	53	38	20,6	12,9	34,4
2,1 – 3,0	3,8	55	38	19,9	13,1	34,9

go de perder la producción correspondiente a las plantas menos desarrolladas. Por lo tanto, y para tratar de corregir esta diferencia en crecimiento, debe recurrirse a los que se ha denominado como “poda de emparejamiento”. Esta labor, según la conveniencia del caso, puede consistir en la eliminación parcial o total de las hojas emitidas o bien en una poda total de la(s) planta(s) más desarrolladas, mediante un corte delseudotallo practicado a 10 cm sobre la superficie del suelo. La ejecución de esta labor va a favorecer el desarrollo de la(s) planta(s) más pequeña(s), sin efecto adverso alguno sobre la planta “podada”, la cual en poco tiempo igualará a la(s) menos desarrollada(s) y luego, como una consecuencia favorable de esta práctica, todo el conjunto de plantas continuará desarrollándose en forma uniforme.

Época de poda

La época más apropiada para ejecutar esta labor es cuando las plantas hayan emitido cinco hojas, lo cual para condiciones de clima cálido y medio, ocurre de 30 a 45 días después de la emisión de la primera hoja. Esta práctica tiene como fundamento el hecho de que las 12 primeras hojas emitidas no ejercen ningún efecto desfavorable sobre los parámetros de crecimiento, desarrollo y producción de la planta.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Belalcázar C., S.; Baena A.M.; Valencia M., J.A.; Martínez G., A. 1990. Estudios sobre las densidades de población. p.63-76. In: Belalcázar C., S. *et al.* Generación de tecnología para el cultivo y producción rentable del plátano en la zona cafetera colombiana. Creced Quindío, ICA Armenia, Regional Nueve. (Informe Técnico).
- Belalcázar C., S.; Merchán V., V.M.; Baena A.M.; Valencia M., J.A. 1990. Efectos de la época y el grado de defoliación sobre la producción. p.77-85. In: Belalcázar C., S. *et al.* Generación de tecnología para el cultivo y producción rentable del plátano en la zona cafetera colombiana. Creced Quindío, ICA Armenia, Regional Nueve. (Informe Técnico).
- Herrera M.A.; Belalcázar C., S.; Valencia M., J.A.; Baena A.M. 1990. Evaluación de tamaños de semilla. p.39-52. In: Belalcázar C., S. *et al.* Generación de tecnología para el cultivo y producción rentable del plátano en la zona cafetera colombiana. Creced Quindío, ICA Armenia, Regional Nueve. (Informe Técnico).
- Merchán V., V.M.; Belalcázar C., S. 1990. Evaluación y alternativas para el control de Sigatoka amarilla. p.97-110. In: Belalcázar C., S. *et al.* Generación de tecnología para el cultivo y producción rentable del plátano en la zona cafetera colombiana. Creced Quindío, ICA Armenia, Regional Nueve. (Informe Técnico).
- Belalcázar C., S. 1991. El cultivo del plátano en el trópico. ICA, Manual de Asistencia Técnica No.50. Armenia, Colombia. 376 p.
- Cardona A., J.H.; Franco G.; Belalcázar C., S.; Giraldo C.A. 1991. Validación y ajuste de tecnología sobre prácticas de siembra y manejo de plantaciones. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, Creced Quindío, Regional Nueve. p.28. (Mimeografiado).

Estado actual y futuro de la nutrición y fertilización del banano

José Espinosa¹ y Francisco Mite²

I INTRODUCCIÓN

Los conceptos modernos de nutrición y manejo de la fertilización en banano, particularmente los procedimientos de diagnóstico, han sido factores que han permitido obtener rendimientos altos y rentables. Estos conceptos se han desarrollado con el trabajo y apoyo de todos los que de una u otra forma han estado involucrados en la producción bananera a través del tiempo. La utilización en el manejo de la plantación de estos conceptos es cada vez más importante, particularmente en la actualidad tiempos cuando la rentabilidad de las operaciones bananeras ha tenido una reducción significativa. Muchos productores no utilizan completamente estos conceptos, pero se verán obligados a hacerlo si desean mantenerse competitivos. Sin embargo, han surgido nuevas expectativas en la búsqueda de altos rendimientos y completa eficiencia en el uso de los insumos. Estas nuevas inquietudes utilizan los conceptos establecidos, pero proponen un control más estrecho de toda la operación.

CONDICIONES ACTUALES

La investigación en nutrición mineral y fertilización de banano ha sido amplia y efectiva. Esto ha permitido conocer las condiciones generales de respuesta del cultivo al manejo nutricional. Los trabajos de investigación en nutrición de muchos científicos han sido resumidos en varias publicaciones (Champion, 1963; Freiberg, 1966; Twiford, 1967; Lahav, 1980; Mitra and Dhua, 1988; Fox, 1989), pero la más popular en América Latina ha sido la revisión publicada por Lahav y Turner (1992).

De la información resumida en estas publicaciones se puede observar que hasta inicios de 1970

la investigación en nutrición en banano era dedicada principalmente a evidenciar los síntomas de deficiencia de nutrientes y los problemas de desbalance. También se condujeron experimentos para documentar la respuesta a dosis de nutrientes en diferentes condiciones de suelos (Lahav y Turner, 1992).

Los esfuerzos por estandarizar la interpretación de los análisis foliares se iniciaron a fines de los años 60 y principios de los 70 (Lahav y Turner, 1992). Este esfuerzo era necesario para poder comparar los resultados de los análisis foliares y para poder manejar la nutrición del cultivo con criterios universales. Bajo la coordinación de Martín-Prével (1974, 1977) se logró desarrollar el método internacional de referencia para muestreo de experimentos de fertilizantes en banano. Este esfuerzo coordinado produjo el método de muestreo foliar y la tabla de contenidos foliares estándares que han sido ampliamente utilizados en el mundo bananero (Figura 1 y Tabla 1). Estos estándares pueden cambiar ligeramente dependiendo de las condiciones ambientales. Sin embargo, han demostrado ser una buena herramienta de diagnóstico que ayuda en el manejo de la nutrición, particularmente si se toman en cuenta los síntomas visuales de deficiencias, las condiciones de suelo y la historia de fertilización del lote (Lahav, 1992). Por otro lado, se han conducido múltiples esfuerzos locales para ajustar los rangos de concentraciones estándares en diferentes condiciones ambientales, buscando llegar a una recomendación específica, para los diversos lugares donde se produce banano. En la mayoría de los casos estos esfuerzos han sido exitosos.

En América Latina, la investigación en nutrición continuó principalmente con el trabajo conducido por la Corporación Bananera Nacional de Costa

1. Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS), Casilla 17-17-980, Quito – Ecuador, e-mail: jespinosa@inpfos.org

2. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental Tropical Pichilingue. Quevedo, Ecuador, e-mail: fmittev@gye.satnet.net

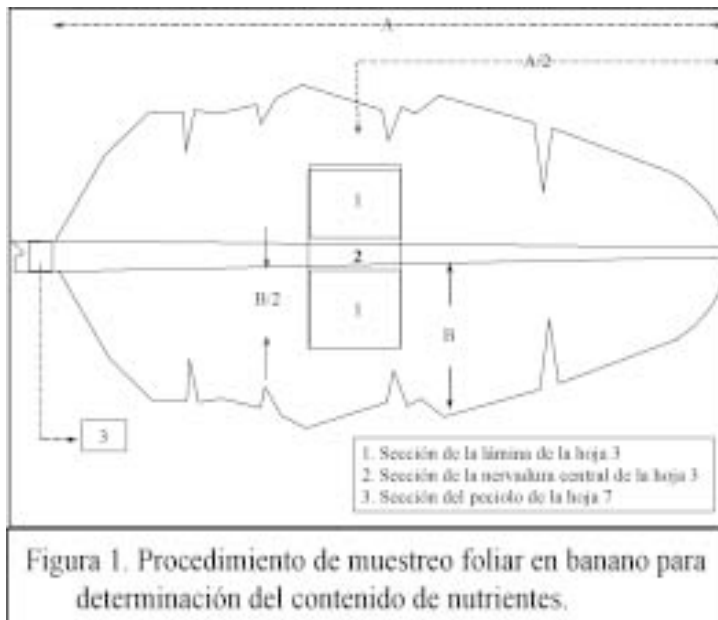


Figura 1. Procedimiento de muestreo foliar en banano para determinación del contenido de nutrientes.

Tabla 1. Niveles críticos tentativos en diferentes plantas de banano completamente desahojadas (Lahav Turner, 1992).

Nutriente	Lámina (Hoja 3)	Nervadura central (Hoja 3)	Pecíolo (Hoja 7)
N (%)	2.6	0.65	0.4
P (%)	0.2	0.08	0.07
K (%)	3.0	3.0	2.1
Ca (%)	0.5	0.5	0.5
Mg (%)	0.3	0.3	0.3
Na (%)	0.005	0.005	0.005
Cl (%)	0.6	0.65	0.7
S (%)	0.23	-	0.36
Mn (mg/kg)	25	80	70
Fe (mg/kg)	80	50	30
Zn (mg/kg)	18	12	8
B (mg/kg)	11	10	8
Cu (mg/kg)	9	7	5
Mo (mg/kg)	1.5-3.2	-	-

Datos basados principalmente en investigación con la variedad Cavendish Enano. Algunos de los valores difieren en otros cultivares.

Rica (CORBANA) que logró confirmar y aclarar los síntomas de deficiencia de nutrientes en banano y plátano en las condiciones en las cuales se cultivaba la mayoría de estas frutas en la región (López y Solís, 1992; Vargas y Solís, 1999; Vargas, 1999). Los estudios conducidos hasta fines de los años 70

hacían énfasis en la nutrición de la planta y no tenían mucha relación con el suelo, a pesar de que se habían conducido muchos experimentos buscando la respuesta a dosis de nutrientes en diferentes suelos. Al inicio de los años 80 se empezaron trabajos de investigación que relacionan el contenido de nutrientes en el suelo con la respuesta en rendimiento del cultivo.

CALIBRACIÓN DEL ANÁLISIS DE SUELOS EN EL CULTIVO DE BANANO

El aporte al manejo de la nutrición hecho por la estandarización de los análisis foliares en banano fue excelente y continúa siendo

una buena herramienta de diagnóstico hasta la fecha. Sin embargo, la relación entre el contenido de nutrientes en el suelo y la respuesta en rendimiento de fruta no había sido completamente evaluada. La diversidad de suelos en los cuales se produce banano, particularmente en América Latina, hacía pensar en la posibilidad de que exista más de un nivel crítico para los diferentes nutrientes. Diversos estudios se desarrollaron en diferentes sitios, pero los estudios más conocidos, que finalmente permitieron determinar el nivel crítico de los diferentes nutrientes lo desarrolló CORBANA durante los años 80 y principios de los 90 (Arias, 1984; Hernández, 1985 y López, 1994). Estas investigaciones determinaron los niveles críticos y permitieron obtener las dosis de los diferentes nutrientes requeridos para diferentes niveles de fertilidad del suelo (Tabla 2). En todos los países productores de banano en América Latina, se ha conducido abundante investigación para ajustar los niveles críticos en cada zona en particular, usando como base los niveles críticos publicados por CORBANA.

La Figura 2 muestra una comparación de los resultados de los estudios de dosis de potasio (K) utilizados para determinar el nivel crítico y las dosis a aplicarse de acuerdo con el análisis de suelos. Es interesante notar como las mismas dosis de K permiten mayores rendimientos a medida que pasa el tiempo. La parte más alta de las curvas se en-

Tabla 2. Dosis de fertilización de banano de acuerdo con los resultados del análisis de suelos (López y Espinosa, 1995)

Nutriente	---- Nivel en el suelo ----		
	Bajo	Medio	Alto
Fósforo (mg/kg)	<10	10-20	>20
kg P_2O_5 /ha/año	100	50	0
Potasio [cmol(+)/kg]	<0.2	0.2-0.5	>0.5
kg K_2O /ha/año	700	600	500
Calcio [cmol(+)/kg]	<3	3-6	>6
kg CaO /ha/año	1160	560	0
Magnesio [cmol(+)/kg]	<1	1-3	>3
kg MgO /ha/año	200	100	0
Nitrógeno	Indiferente		
kg N/ha/año	350-400		

Nutrientes extraídos con solución Olsen modificada.

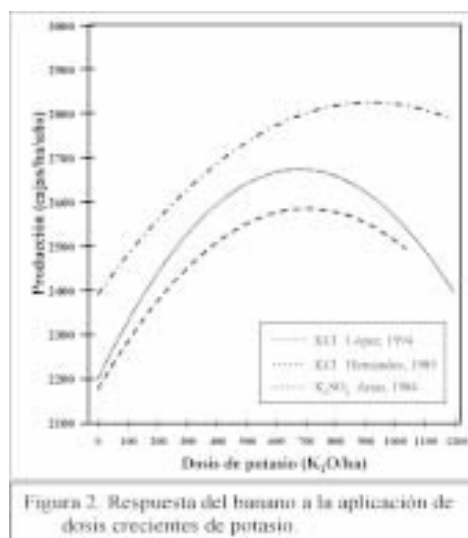


Figura 2. Respuesta del banano a la aplicación de dosis crecientes de potasio.

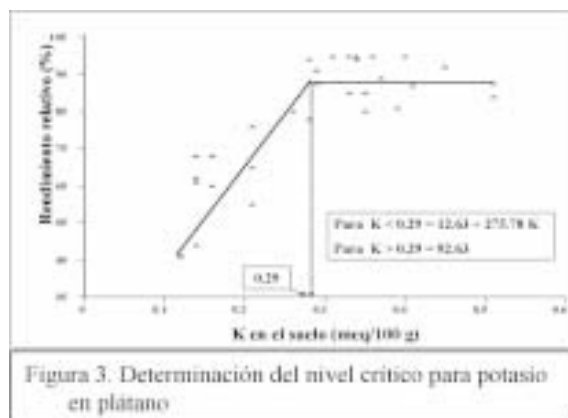


Figura 3. Determinación del nivel crítico para potasio en plátano

cuentra entre los niveles de 600 a 700 kg/ha de K_2O en todos los casos.

Esta es la dosis usual de K_2O aplicada a suelos con contenido bajo de K y que fue determinada a partir de estos y otros experimentos conducidos en América Latina. El incremento en rendimiento a través del tiempo con los mismos niveles de K se debe simplemente al mejor manejo y mejor tecnología. En 1984 se aplicaba el fertilizante en cuatro fracciones al año, lo que hacía ineficiente el uso de nutrientes por la planta, particularmente en las condiciones de las zonas bananeras de Costa Rica donde llueve más de tres metros al año. En 1994 se usaron plantas meristemáticas de mayor potencial de producción y se recomendó fraccionar la aplicación de fertilizantes hasta en 26 ciclos al año (Flores, 1995). Esto obviamente permitió obtener mayores rendimientos con las mismas dosis de K debido a la mejor eficiencia de utilización de los nutrientes por el cultivo.

Las recomendaciones diseñadas en base a estos experimentos se han podido usar en forma bastante amplia en todas las zonas bananeras de América Latina. Si se toma en cuenta que el requerimiento de fósforo (P) de la musáceas es bajo, los problemas por amplia utilización de un solo nivel crítico podrían presentarse con K. Sin embargo, en casi todos los suelos donde se cultiva banano en la región no existen arcillas que fijen K y que podrían dificultar el uso de un solo nivel crítico. Las condiciones con calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S) son también más o menos constantes y en el caso del banano dependen más del cultivo. Las diferencias en suelos están marcadas por los cambios impuestos por el ambiente, es decir los suelos de alto pH se zonas secas o semi-secas y los suelos de pH bajo de las zonas de mayor precipitación. Las condiciones de alto pH también han sido estudiadas y con esta información se han mejorado las recomendaciones de fertilización (Guerrero y Galván, 1992; Espinosa, 1993).

Investigación conducida en Colombia permitió determinar los niveles críticos para plátano y las recomendaciones de nutrientes basándose en el análisis de suelos (Espinosa et al., 1998). Las mismas consideraciones se hacen en este cultivo con respecto al comportamiento de los nutrientes en el suelo, lo que posibilita una recomendación básica que puede ser utilizada en todos los suelos donde se cultiva plátano en América Latina. La

Tabla 3. Dosis de fertilización de plátano en altas densidades de acuerdo con los resultados del análisis de suelos.			
Nutriente	----- Nivel en el suelo -----		
	Bajo	Medio	Alto
Fósforo* (mg/kg)	<8	9-15	>15
kg P ₂ O ₅ /ha/año	40	20	0
Potasio** (cmol(+)/kg)	<0.2	0.2-0.3	>0.3
kg K ₂ O/ha/año	280	210	140
Calcio (cmol(+)/kg)	<3	3-6	>6
kg CaO/ha/año	300	150	0
Magnesio (cmol(+)/kg)	<1	1-3	>3
kg MgO/ha/año	80	40	0
Nitrógeno	Variable		
kg N/ha/año	200-250		

* P extraído con Bray II

** Bases extraídas con acetato de amonio

Figura 3 ilustra la determinación del nivel crítico para K y la Tabla 3 presenta las recomendaciones de fertilización de acuerdo al análisis de suelos.

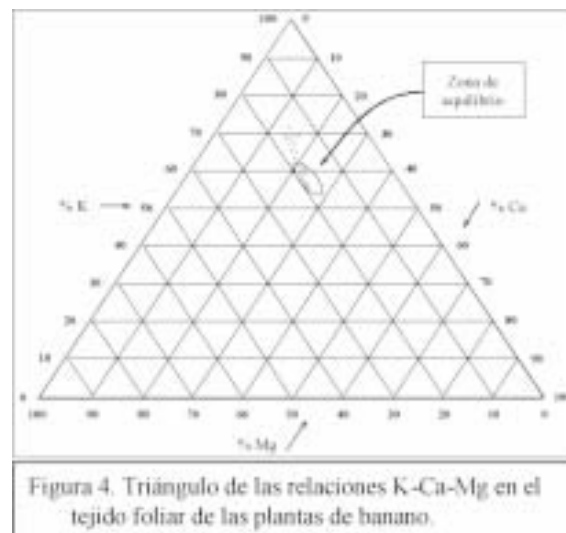
ANÁLISIS FOLIARES, RELACIONES ENTRE NUTRIENTES Y ANÁLISIS DE SUELOS

Los análisis de suelos y los análisis foliares han demostrado ser buenas herramientas de diagnóstico a través de los años, particularmente con el afinamiento logrado en los diversos sitios donde se los utiliza. Sin embargo, era necesario tratar de relacionarlos para poder utilizar las dos herramientas en forma coordinada. Esto cobra importancia al observarse las obvias relaciones entre nutrientes en el suelo y en la planta de banano. La experiencia ha demostrado que en la interpretación de los análisis foliares no debe tenerse en cuenta solamente un nutriente, sino más bien se deben tener en cuenta las relaciones entre nutrientes. Además, es necesario tener en cuenta que en ciertas ocasiones se presentan factores que pueden afectar la normal absorción de nutrientes. Condiciones como salinidad, drenaje o compactación pueden confundir el diagnóstico.

En cultivos perennes como el banano se presentan comúnmente antagonismos y sinergismos entre nutrientes que a menudo tienen efectos sobre el rendimiento. La relación antagónica más estudiada es la existente entre K, Ca y Mg (Lahav y

Turner, 1992). Cuando el contenido de alguno de estos nutrientes es muy alto se reducen los contenidos de los otros y esta condición provoca problemas en el crecimiento y rendimiento de la planta.

La Figura 4 presenta la relación de equilibrio de K, Ca y Mg dentro de planta de banano. Se considera que existe un adecuado equilibrio cuando los valores de la relación caen dentro de una zona de equilibrio que se obtiene uniendo los rangos de variación del contenido foliar de cada nutriente considerados adecuados. El procedimiento de cálculo se describe en López y Espinosa (1995) y se conduce utilizando los datos del análisis foliar correspondiente. La información obtenida por este medio puede ser comparada con la información del análisis de suelos correspondiente para determinar las razones por las cuales se produce el desbalance.



MANEJO DEL CULTIVO EN RELACIÓN A LA FERTILIDAD

Investigación conducida por Walmsley y Twyford (1968) demostró que la planta de banano aprovecha los nutrientes presentes en el suelo desde poco después del transplante hasta el inicio de la floración. Después de la diferenciación floral la planta sostiene su crecimiento y llena el racimo con los nutrientes almacenados en la planta. Por esta razón, en el manejo de fertilizantes recomienda aplicar nutrientes a la planta hasta un poco antes

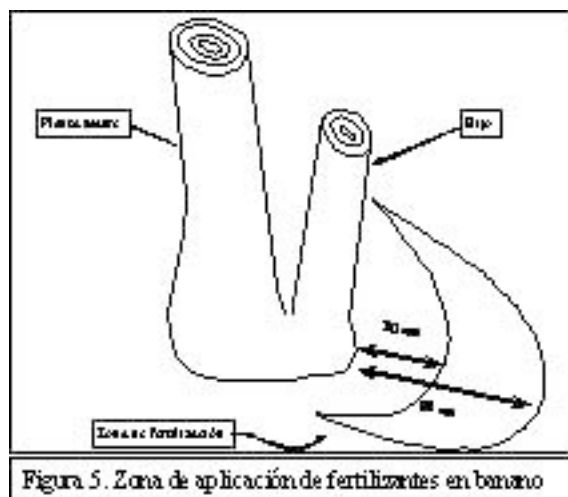


Figura 5. Zona de aplicación de fertilizantes en banano

de la floración, para luego concentrar los esfuerzos en el hijo de sucesión. Se ha estudiado también la forma de aplicar los nutrientes y se ha demostrado que la mejor opción, dentro de varios tratamientos, ha sido la de colocar el fertilizante frente al hijo de sucesión en un área concentrada como se ilustra en la Figura 5 (Flores, 1991; López y Espinosa, 1994).

Esta forma de colocación del fertilizante funciona razonablemente bien con respecto a la nutrición de la planta, pero tiene inconvenientes cuando concentra mucho fertilizante en un área muy pequeña frente al hijo de sucesión. Esto causa problemas de acidificación y alta concentración de sales que potencialmente pueden afectar la calidad del suelo.

Frente a esta condición se han discutido formas de manejo que podrían eliminar el problema. Una de las posibilidades es la aplicación al voleo o semi-voleo entre las hileras de plantas (López, 1999). Esta es una buena posibilidad que ha sido empleada con éxito en cultivos perennes como palma aceitera.

El cambio de la zona de aplicación de los fertilizantes tiene problemas operativos que tienen también solución si se cambia el manejo general del cultivo. La aplicación al voleo implica la aplicación de material sobre los residuos de cosecha que se encuentran sobre el suelo y esto promueve la pérdida por volatilización de los portadores de nitrógeno (N), particularmente la urea. Esto se podría evitar acomodando los residuos en el centro del espacio entre hileras o al costado de una de la

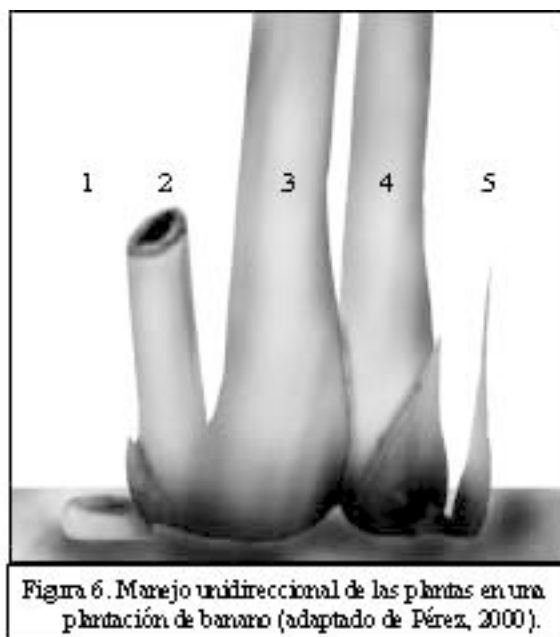


Figura 6. Manejo unidireccional de las plantas en una plantación de banano (adaptado de Pérez, 2000).

hileras. Esta forma de manejo de los residuos no sería difícil para los trabajadores de campo, pero queda por evaluarse el posible incremento en tiempo de trabajo y sus implicaciones en el costo total de mano de obra. Se podría también planificar el riego de modo que esta operación se ejecute inmediatamente después de la aplicación de fertilizantes nitrogenados, para incorporar el N y así evitar la volatilización.

Por otro lado, el manejo convencional de la población de las plantaciones de banano complica el manejo de la nutrición del cultivo. Generalmente, las plantaciones pierden rápidamente el orden logrado a la siembra. Esto se debe al manejo desordenado de los hijos de sucesión lo que produce plantaciones de baja población completamente desordenadas. En esta condición, la única forma posible de asegurar la nutrición del cultivo es aplicando los nutrientes frente al hijo de sucesión. Esta forma de manejo también ha despertado inquietudes.

Investigación conducida en Costa Rica ha demostrado que las operaciones de deshije pueden manejarse de modo que se mantenga la disposición inicial de las hileras de plantas en el campo (Pérez, 2000). El manejo se inicia con el deshije de formación donde se selecciona los hijos de espada y de corona, para continuar con la deshija unidireccional de los siguientes hijos de sucesión.

El deshije unidireccional empieza con el primer hijo de sucesión y busca que cada una de las cepas de la plantación se dirijan en una sola dirección manteniendo de esta forma las líneas de siembra establecidas al inicio de la plantación como se observa en la Figura 6. El exitoso manejo de las generaciones siguientes para mantener la orientación de las cepas se basa en la eliminación precoz de los nietos que se salen de la línea de siembra. Los resultados de la investigación indican que con el deshije unidireccional las plantas crecen bien y se pierde menos plantas en comparación con el manejo tradicional. Esto permite mantener la población inicial y una distribución uniforme de las plantas, pero particularmente permite aplicar el fertilizante al voleo o semi-voleo haciendo uso más eficiente de los nutrientes. Además, el control de las enfermedades y el uso del agua serían más eficientes.

LOS PASOS HACIA EL FUTURO

Los condicionamientos económicos y ambientales del momento han promovido el desarrollo de nuevas técnicas de manejo de los sistemas agrícolas. Con el rápido desarrollo de la tecnología en información y comunicaciones se han diseñado nuevos sistemas de manejo en agricultura en lo que se denomina hoy agricultura de precisión, mejor definida como agricultura por sitio específico. Este sistema de manejo utiliza los sistemas de posicionamiento global y los sistemas de información geográficos para elevar los rendimientos y la eficiencia de los insumos utilizados. Esto se logra determinando en forma exacta la variabilidad espacial de las condiciones de suelo y de los requerimientos del cultivo.

Manejo de nutrientes en agricultura por sitio específico

Tradicionalmente, el manejo de la nutrición se ha basado en el promedio del contenido de nutrientes medido por el análisis de suelos. Este método de diagnóstico trata de definir el manejo nutricional sobre la premisa de que la variabilidad intrínseca del suelo está bien cubierta cuando se muestrea el campo para obtener una media de la fertilidad del lote. Sin embargo, Es común el encontrar que los rendimientos promedio no sobrepasan las expectativas o rendimientos bajos en

suelos con altos contenidos de nutrientes. Se empieza a sospechar que la variabilidad espacial del campo es un factor que limita severamente los rendimientos. Cuando se dividen los lotes para muestreo tradicional se asume que cada lote es uniforme pero en realidad la variabilidad intrínseca es muy grande y lamentablemente no se dimensiona con esta forma de muestreo (Brouder, 1999).

Causas de la variabilidad en el campo

La variabilidad en el campo se debe a varios factores naturales y antropogénicos. El factor natural más importante es el tipo de suelo cuyas características están definidas por el material parental y la topografía. La actividad humana promueve la variabilidad a través de la distribución de residuos de cosecha en el pasado reciente y lejano, afectando la acumulación de materia orgánica con todas sus implicaciones. Además, son factores importantes en la variabilidad antropogénica la distribución de fertilizantes, la diferente remoción de nutrientes causada por diferentes tipos de cultivos y rotaciones y el efecto significativo de la erosión (Brouder, 1999).

En estos momentos, es claro que el manejo basado en la media de la fertilidad ya no es suficiente para mantener rendimientos altos sostenibles en agricultura empresarial y aun en agricultura de menor intensidad. Es común observar que se sobre-fertiliza las áreas donde se obtienen bajos rendimientos debido a que existen factores limitantes más allá de fertilidad y que no usan suficientes nutrientes en las áreas que tienen el potencial de producir rendimientos altos. El continuar con el manejo basándose en la media de la fertilidad solamente incrementa la variabilidad y reduce la productividad de la finca. Cuando estas condiciones se hacen aparentes es necesario iniciarse con manejo por sitio específico.

Objetivos del manejo por sitio específico

El manejo por sitio específico busca identificar y cuantificar la variabilidad espacial presente en la finca, para luego determinar el impacto de esta variabilidad en el rendimiento. Una vez que se entiende el efecto de la variabilidad se pueden determinar las estrategias que permitan manejarla

de modo que se incrementen los rendimientos, se mejore la rentabilidad y reduzca el potencial impacto ambiental de la actividad.

En el manejo por sitio específico, la búsqueda de rendimientos altos continua siendo la fuerza de empuje. Más aun, el rendimiento permite cuantificar la variabilidad ya que el rendimiento es el indicador biológico que integra el impacto acumulado del recurso natural, los insumos utilizados, el clima y el manejo. El manejo por sitio específico considera la respuesta en rendimiento a cada uno de los factores antes mencionados y a su interacción. Por esta razón, uno de los puntales del manejo por sitio específico en la medición exacta de los rendimientos obtenidos en cada uno de los lotes de la finca. Cuando se empieza a cuantificar cuidadosamente el rendimiento dentro de los lotes de la finca se observa claramente la variabilidad y se desarrolla el deseo de conocer bien cuales son los factores que están limitando la producción. De esta forma se puede hacer un mapa de rendimiento que indica exactamente el rendimiento de cada sitio en el campo.

Por otro lado, el manejo por sitio específico requiere que el productor conozca lo mejor que pueda el suelo de su finca. Para esto es necesario hacer un muestreo de suelos intenso y cuidadoso. Esto se logra dividiendo los lotes en cuadrículas y tomado muestras de cada una de las cuadrículas. Los sitios de muestreo son geo-referenciados con la ayuda de los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS, Global Positioning System). De esta forma se puede confeccionar un mapa donde se observe la variabilidad de suelos en el lote y que ayude a entender la fertilidad y otras condiciones que podrían limitar la del sitio.

Al comparar el mapa de rendimientos con el mapa de suelos se puede correlacionar las áreas de bajo rendimiento con las condiciones particulares del sitio. Esto permite desarrollar una estrategia de manejo que elimine el factor(s) limitante o que reduzca la variabilidad que impide obtener rendimientos altos.

El mapa de rendimientos y el mapa de suelos se confeccionan rápidamente usando los GPS y los Sistemas de Información Geográfica (GIS, Geographic Information Systems), una vez que se han colectado y digitalizado los resultados de la medición del rendimiento y del muestreo de suelo en cuadrículas. El GPS está conformado por una

red de satélites que transmiten señales que pueden ser captadas por receptores en tierra. De esta forma se puede identificar la latitud y longitud (posición exacta del sitio) en cualquier parte de la tierra. Al medir el rendimiento, así como al muestrear el suelo, se puede determinar exactamente el sitio en el campo para poder regresar exactamente al mismo sitio cuando sea necesario. De esta forma es posible, por ejemplo, comparar los mapas de rendimiento y de suelo.

El GIS es un sistema detallado de mapeo que puede delinear en forma digital la variabilidad dentro de un lote como el rendimiento, tipo de suelo, niveles de fertilidad, pH, humedad, etc. Esta variabilidad es la que determina la variabilidad en rendimientos y es la que se debe manejar.

Ventajas y desventajas del manejo por sitio específico

El manejo por sitio específico mejora la rentabilidad al incrementar los rendimientos y reducir el costo de los insumos. Esto no implica tácitamente que se vayan a utilizar menos insumos sino más bien que se hace más eficiente su uso, obteniendo más rendimiento por unidad de superficie. El mejor manejo asegura una producción de mejor calidad que también aporta para la rentabilidad. Además, el manejo por sitio específico permite un mejor manejo ambiental.

Entre las desventajas se pueden citar el costo de implementación (equipo, muestreo, mapas) y del entrenamiento para hacer uso de la tecnología. Además, los cambios reales por uso de la tecnología, y en consecuencia el ahorro, se ven en tres o cuatro años. Esta es una inversión a largo plazo que empezará a pagarse a mediano y largo plazo.

Algunos de los programas de manejo por sitio específico desarrollados en Norte América todavía se cuestionan si las ganancias en rentabilidad justifican el alto costo de implementación del sistema. Sin embargo, existen otros no dudan en expresar su satisfacción con el sistema. Con la experiencia adquirida se van desarrollando nuevas formas de interpretación de las bases de datos acumuladas por los Sistemas de Información Geográfica.

En realidad la riqueza y utilidad del sistema radica en la gran cantidad de información que de acumula en las bases de datos, que ahora pueden

ser analizados coordinadamente en una forma nunca antes posible. Esto permite desarrollar un plan específico para un sitio particular básicamente haciendo las cosas correctas, por la razón correcta en el sitio y épocas correctas. Con esto se empiezan entonces a dar los primeros pasos en lo que posteriormente sería el manejo por sitio específico. La búsqueda de rendimientos altos sostenidos es la fuerza detrás del sistema.

Manejo por sitio específico en banano

En cultivos tropicales de plantación como banano, café, cacao, palma aceitera, etc., la adopción del manejo por sitio específico, en la forma utilizada en cultivos extensivos en climas templados, presenta retos. La utilización de alta tecnología es limitada por el alto costo inicial y por un relativamente bajo conocimiento de las herramientas tecnológicas. Quizá el limitante más importante sea el monitoreo del rendimiento por el simple hecho de que estos cultivos se cosechan manualmente debido a la dificultad de implementar un sistema mecánico de cosecha que sea rentable y eficiente. Sin embargo, es posible desarrollar sistemas de menor tecnología, con el soporte de GPS y GIS pero que dependan más del conocimiento y experiencia de los productores. En este caso la inversión inicial debe ser baja, el sistema debe ser económicamente atractivo y debe basarse en cosecha manual (Stoorvogel, et al., 2000).

Conociendo las circunstancias particulares de las fincas bananeras es posible diseñar un sistema de manejo que lleve finalmente a manejo por sitio específico con menor tecnología que se base en GPS y GIS pero que dependa del conocimiento y experiencia del agricultor en lo que se refiere al cultivo. Para iniciar manejo por sitio específico la finca debe tener infraestructura y administración organizada.

Mapa de suelos

Es necesario partir de un mapa general de suelos que debe utilizar un sistema de cuadrícula y GPS para localizar permanentemente el sitio de muestreo en el campo. El mapa general de suelos puede hacerse por medio de cualquiera de los GIS existentes en el mercado. En banano es importante más bien hacer un mapa de aptitud de suelo para cultivo del banano. Este mapa delimita claramente las

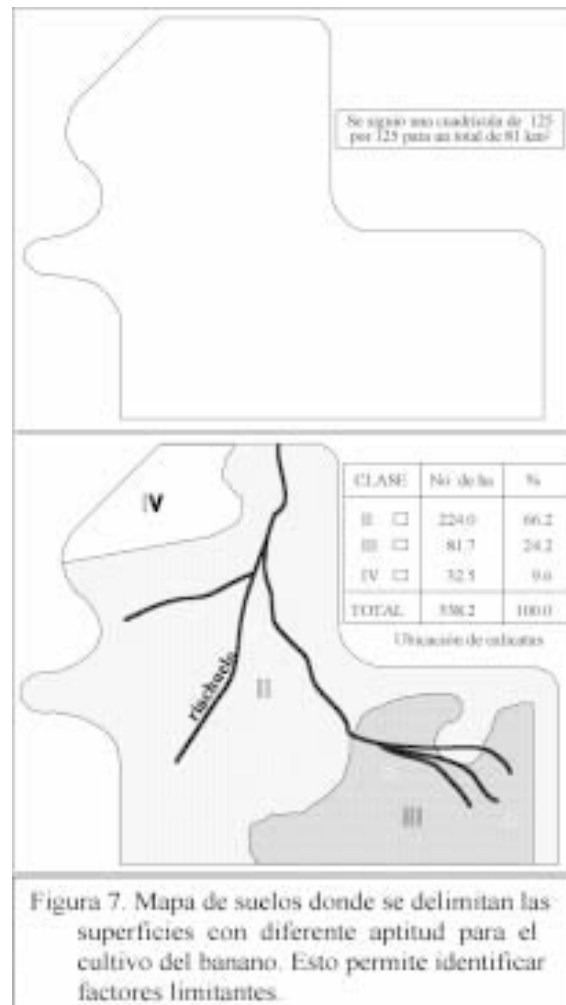


Figura 7. Mapa de suelos donde se delimitan las superficies con diferente aptitud para el cultivo del banano. Esto permite identificar factores limitantes.

unidades de suelo dependiendo de las limitantes presentes para el desarrollo óptimo del cultivo (Figura 7). Este es un sistema de aptitud que tiene la ventaja de determinar los particulares factores limitantes para el cultivo del banano (drenaje, textura, profundidad del perfil, acidez), pero al mismo tiempo acumula los datos necesarios para un mapa específico como el de dinámica de nutrientes. El mapeo utiliza el sistema de cuadrículas y puede utilizar fácilmente GPS para precisión del muestreo.

La información del análisis foliar complementa efectivamente la información del análisis de suelos y son de mucha ayuda para determinar los factores limitantes antes de sembrar el cultivo y para luego monitorizar, en el tiempo, los cambios que podrían afectar el rendimiento. Esta información se puede también representar como los ma-



Figura 8. Mapa del contenido foliar de potasio en una plantación de palma aceitera desarrollado con SIG.

pas presentados en las Figuras 8, ejemplo de mapa desarrollado con SIG en palma aceitera.

MAPA DE RENDIMIENTOS

Debe existir una forma de registro del rendimiento de la fruta para poder diseñar un sistema de manejo por sitio específico. La fruta se cosecha y es transportada al galpón de procesamiento donde se pesa cada racimo en una balanza computarizada, registrándose el peso y cable de donde procede. En este caso se debe desarrollar un sistema particular de acumulación de datos porque toda la cosecha es manual y no existe la posibilidad de usar medidores de rendimiento enlazados con GPS. El sistema de cables para transporte de fruta también delimita las áreas y el rendimiento por área puede ser de esta forma ser monitorizado (Figura 9). Este tipo de medición del rendimiento puede en principio ser difícil e inexacto hasta que todo el personal envuelto en la tarea se halle completamente entrenado. Sin embargo, es la única forma de conseguir información que determine la variabilidad de rendimientos en el campo. En esta forma se pueden hacer mapas detallados de rendimiento semanal, quincenal o mensual (Maning y BanMAN, 2000).

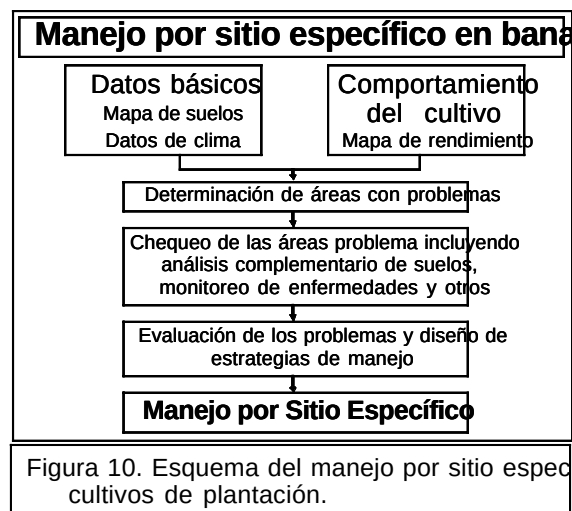
DESARROLLO DEL SISTEMA DE MANEJO POR SITIO ESPECÍFICO

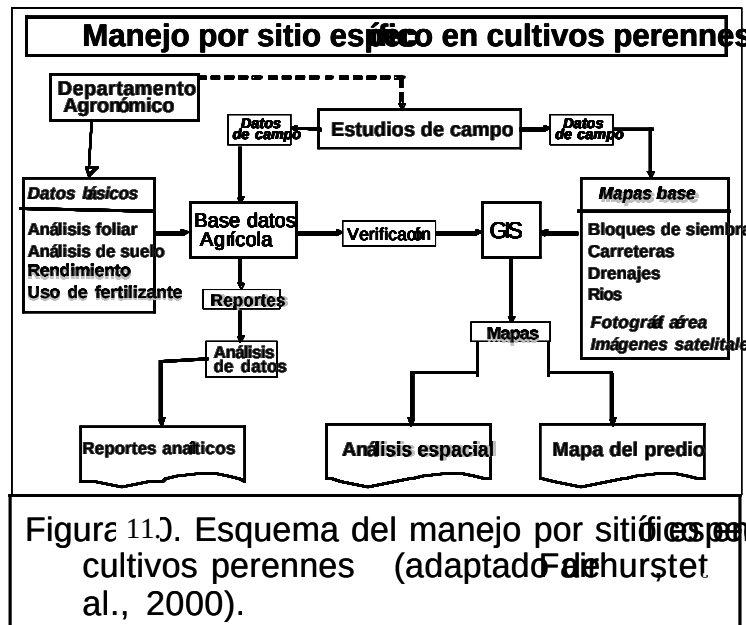
Al comparar los mapas de rendimiento se puede observar los bloques que rinden por debajo o por arriba de los rendimientos promedios esperados. Estos mapas de rendimiento pueden entonces superponerse con los mapas de suelos y se puede



Figura 9. Mapa de rendimiento de una plantación de banana usando los cables de transporte como el SIG.

determinar la razón de la variabilidad en rendimiento. El análisis de esa variabilidad permite determinar cuáles serían los factores de suelo que estarían limitando el rendimiento y se puede diseñar una estrategia de manejo que permita eliminar estos factores limitantes para elevar los rendimientos.





tos a todo su potencial. El propósito es lograr más rendimiento por unidad de área y de insumo. En ocasiones será necesario aumentar el uso de insumos o mejorar la infraestructura para lograr alcanzar el potencial de rendimiento del sitio mientras que en otros será necesario reducir el uso de insumos porque el potencial de rendimiento del suelo de ese bloque es bajo. Incluso se pueden eliminar ciertas áreas donde la producción no es rentable por condiciones de suelo.

La variabilidad en rendimiento puede ser también causada por errores en el manejo. Debido a que todas las actividades se hacen manualmente es posible que ciertos trabajos no se realicen con la presión requerida (aplicación de fertilizantes, nematicidas, drenaje, etc). Al comparar los mapas de rendimiento se puede determinar zonas de conflicto respecto al manejo actual y se pueden hacer los correctivos correspondientes. En las Figuras 10 y 11 se presentan diagramas de flujo donde se ilustran los pasos para iniciar un sistema de manejo por sitio específico en banano.

BIBLIOGRAFÍA

- Arias, H. 1984. Respuesta del banano (*Musa AAA*) subgrupo Cavendish "Gran Enano" a dosis crecientes de sulfato de potasio en un suelo Oxic Dystrypets de Río Jiménez, Provincia de Limón. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. 89 p.
- Brouder, S.M. 1999. Applying site-specific management in soil fertility research and developing management information for variable rate technologies. In Proceedings of Information Agriculture Conference. Purdue University. p. 321.
- Champion, J. 1963. Le babanier. Ed. Maisonneuve et Larose, Paris.
- Espinosa, J. 1993. Potential for maximum yield research in Latin America (The case of banana). In: J. Jinyun (ed.). Proceedings of the Third International Symposium on Maximum Yield Research. Potash & Phosphate Institute and Soil and Fertilizer Institute of the Chinese Academy of Agricultural Sciences. China Agricultural Science Press.
- Espinosa, J., S. Belalcazar, A. Chacón, y D. Suárez. 1998. Fertilización del Plátano en densidades altas. Seminario Internacional sobre Producción de Plátano, Armenia, Quindío, Colombia.
- Fairhurst, T.H., A. Gfroerer Kerstan, I.R. Rankine, and J. Kuruvilla. 2000. Use of geographic information Systems in plantation agriculture: Linking digital maps to agronomic Database Sets. International Planters Conference Plantation Tree Crops in the New Millennium: The Way Forward. Kuala Lumpur. May 2000.
- Flores, C. 1991. Respuesta del cultivo del banano (*Musa AAA*) a diferentes formas de colocación de fertilizante. In: Resúmenes del X congreso ACORBAT. Tabasco, México.
- Flores, C. 1991. Respuesta del banano (*Musa AAA*) subgrupo Cavendish, clon Valery, a la fertilización con sulfatos. In: Informe anual Corporación Bananera Nacional S.A. San José, Costa Rica.
- Flores, C. 1994. Pérdida de cationes y aniones en suelos bananeros de la Zona Atlántica de Costa Rica. In: Resúmenes del XI congreso ACORBAT. San José, Costa Rica.
- Flores, C. 1995. Servicio de recomendaciones de fertilidad de suelos y nutrición del cultivo del banano. Corporación Bananera Nacional. Informe anual 1994. San José, Costa Rica.

- Fox, R. 1989. Banana. In: D. Plucknett and H. Sprague (eds.). Detecting mineral deficiencies in tropical and temperate crops. Westview Trop. Agr. Ser. N° 7. Westview Press, Boulder, S.F. and London.
- Freiberg, S. 1966. Banana nutrition. In: Fruit nutrition. Horticultural Publications, New Brunswick.
- Guerrero, R., y J. Galván. 1992. Respuesta del banano a las aplicaciones foliares de KNO_3 y a la fertigación con fuentes potásicas en la zona bananera del Magdalena. In: Memoria II Seminario-Taller Internacional sobre Fertilidad y Nutrición en Banano y Plátano. Santa Marta, Colombia. P. 142-143.
- Hernández, M. 1985. Respuesta del banano clon "Gran Enano" a la fertilización potásica en un suelo Typic Dystropets de Cariari, Cantón Pococí. Tesis de Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.
- Lahav, E. 1980. Bibliography on mineral nutrition of bananas. International Group of Mineral Nutrition of Bananas. N.S.W. Govt. Printer.
- Lahav, E., y D. Turner. 1992. Fertilización del banano para rendimientos altos. Segunda edición. Boletín N° 7. INPOFOS. Quito, Ecuador. p 71.
- López, A., y P. Solís. 1992. Síntomas de deficiencias minerales en el cultivo del banano. I Etapa: Calcio, Magnesio, Zinc y Boro. In: Informe anual Corporación Bananera Nacional S.A. San José, Costa Rica. p. 31-32.
- López, A. 1994. Interpretación de los análisis químicos de suelos y foliares en el cultivo del banano (*Musa* AAA, Cv. Valery) en Costa Rica. Análisis de un caso y factores involucrados. In: Resúmenes del XI ACORBAT. San José, Costa Rica.
- López, A. 1999. Distribución de raíces y zona de absorción de nutrimentos en el cultivo del banano. CORBANA (25): 217-225.
- López, A. y J. Espinosa. 1995. Manual de Nutrición y Fertilización del Banano. INPOFOS. Quito - Ecuador.
- Maning, L., and A. BanMAN, A. 1999. Decision support system from inventory to management recommendations. MSc. Thesis. Agriculture University of Wageningen.
- Martin-Prével, P. 1974. Les methods d'échantillonnage pour l'analyse foliaire du bananier: résultats d'une enquête internationale et propositions en vue d'une référence commune. Fruits 29 :583-588.
- Martin-Prével, P. 1977. Echantillonnage du bananier pour l'analyse foliaire : conséquences des différences techniques. Fruits 32 :151-166.
- Mitra, S., and R. Dhua. 1988. Banana. In: T. Bose, S. Mitra, and M. Sadhu (eds.). Mineral nutrition of fruit crops. Naya Prokash, Calcuta Six. pp185.
- Pérez, L. 2000. Prácticas culturales para aumentar la productividad del banano. En: Informe anual de CORBANA, 1999. San José, Costa Rica.
- Stoorvogel, J.J., R.A., Orlich, R. Vargas, and J. Bouma. 2000. Linking information technology and farmer's knowledge in a decision support system for improved banana management.
- Twiford, I. 1967. Banana nutrition: a review of principles and practice. J. Sci. Fd. Agric. 18: 177-183.
- Vargas, A. 1999. Síntomas de toxicidad y contenido de macro y micronutrimentos en plantas (*Musa*, AAA) bajo condiciones de cultivo hidropónico. CORBANA (24): 61-79.
- Vargas, A., y P. Solís. 1999. Síntomas de deficiencia y contenido de macro y micronutrimentos en plantas (*Musa*, AAA) bajo condiciones de cultivo hidropónico. CORBANA (24): 21-43.

Respuesta del peso de racimo y otros componentes del rendimiento del plátano 'harton enano' (Musa AAB) sometido a tres densidades de siembra¹.

Bunch weight and others components yield of plantain 'harton enano' (Musa AAB) under three plants densities.

Gustavo Martínez, Edwuard Manzanilla, Rafael Pargas, Carlos Marín

RESUMEN

Durante dos ciclos fue evaluado el peso del racimo y otros componentes del rendimiento de plátano "Harton Enano Caucagua" (Musa AAB) en tres densidades de siembra, bajo condiciones agroecológicas de bosque seco premontano. El experimento se desarrolló en el campo experimental del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Maracay, Venezuela. Utilizando diseño de bloques al azar con nueve repeticiones, se sembraron cormos en doble hilera con 1 m entre ellas y 2m entre hileras dobles estableciéndose densidades de 2916, 2333 y 1944 plantas ha⁻¹. Se evaluó largo y peso del racimo (LR, PR), largo y diámetro del dedo (LD, DD), número de dedos total y manos (NDT, NM). Se observaron diferencias significativas para NDT y altamente significativas para LD y PR entre los ciclos para las densidades 2333 y 1944 plantas/ha. En el ciclo 1 se obtuvo rendimiento de 27 t ha⁻¹ con el tratamiento de 1944 plantas ha⁻¹, siendo el promedio nacional 8.5 t ha⁻¹, el PR disminuyó al aumentar la densidad de siembra.

Palabras claves: Plátano 'Hartón enano', peso racimo, densidad de siembra.

SUMMARY

Bunch weight and other components yield were evaluated on three plant densities of plantain "Harton Enano Caucagua" (Musa AAB) during two crop cycles on a Premontano Dry Forest location. The experiment was carried out at the experimental field of the Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Maracay, Venezuela. Using a randomized complete block design with nine replications, plantain suckers were planted in double row with one-meter distance between them, and 2m separation among double rows. Planting densities of 2916, 2333 y 1944 plants/ha were established. Yield, bunch weight (PR), finger length and diameter (LD, DD), total number of fingers and hands (NDT, NM) were measured. Significant differences were observed on NDT and highly significant differences were observed on LD y PR between cycles on the densities of 2333 and 1944 plants/ha. Bunch weight (PR) decreased as plant density increased. The 1994 plants/ha yielded 27 t/ha while the average yield in Venezuela is 8.5 t/ha.

Key words: Plantain, 'Harton enano', high plant density, yield.

INTRODUCCIÓN

El consumo de plátano en Venezuela está basado en el clon 'Hartón gigante' (Musa AAB), sembrado tradicionalmente con una población de aproximadamente 1100 plantas/ha, debido a la altura que presentan estas plantas limitando el uso de altas densidades de siembra, y favoreciendo caída de las mismas por efecto del viento. Para 1997 se indica como promedio de rendimiento

nacional 8,5 t ha⁻¹ (LEAL y AVILAN, 1997); sin embargo, cabe destacar los rendimientos en el sur de la cuenca del Lago de Maracaibo entre 20 a 30 t ha⁻¹ aportando el 70 % de la producción nacional (NAVAS, 1997). Por ello la posibilidad de llevar a cabo la explotación de este cultivo, con el uso de clones diferentes al 'Hartón gigante' en zonas distintas a las tradicionales se presenta como una alternativa de producción en nuestro país (MARTÍ-

* Instituto Nacional Investigaciones Agrícolas (INIA). Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP). Maracay, Venezuela. Zona universitaria UCV. Edificio 8. Apartado postal 4653. Tlf-Fax .58-043-471066. E-mail: martinezgve@yahoo.es / recfitog@reaccium.ve

NEZ *et al* 1997; 1998; 2000).

El uso de altas densidades de siembra contribuyen a elevar la producción de las plantaciones, siendo necesario para ello conocer el clon a utilizar, suelo, manejo del cultivo, entre otros (BELAL-CÁZAR, 1991; SIMMONDS, 1973). En densidades altas las plantas deben ajustar su comportamiento fisiológico a condiciones de mayor competencia intraespecífica, por luz (CAYON *et al* 1995), agua y nutrientes.

El plátano 'Hartón enano' (Musa AAB) presenta una altura promedio de 2,70 m, que permite incrementar la densidad de siembra con el consecuente aumento del rendimiento, reduciéndose considerablemente la caída de las plantas por el viento, y adaptadas a las condiciones agroecológicas de un bosque seco premontano (HADDAD *et al* 1992; MARTÍNEZ *et al*, 1997, 1998, 2000). A tal efecto, HADDAD *et al* (1989) evaluaron el comportamiento de este clon con una densidad de 2500 plantas ha⁻¹, obteniendo rendimientos cercanos a 30 t ha⁻¹, siendo evidente su potencial productivo.

No obstante, las limitaciones a este respecto son dadas por la poca información existente sobre este clon, sobretodo lo relacionado con su manejo agronómico (HADDAD *et al*. 1992). Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de tres densidades de siembra sobre el rendimiento de plantas de plátano 'Hartón enano' (Musa AAB), en las condiciones agroecológicas de un bosque seco premontano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se sembraron cormos de Plátano 'Hartón enano', con peso entre 2 a 2,5 kg, previamente tratados con Carbofuradan granulado al 10%, en doble hilera con 1 m de separación entre ellas, y 2 m entre dobles hileras; en bloques al azar con nueve repeticiones. Los tratamientos fueron distancias de siembra de 2; 2,5 y 3 m entre plantas sobre la hilera; con un hijo de reemplazo, efectuando el deshije cada cuatro meses, para una densidad de 2916, 2333 y 1944 plantas ha⁻¹ respectivamente. El riego se aplicó cada 8 días en la época de sequía y riegos complementarios en la época de lluvia. Para la fertilización se aplicaron 200 g de úrea a los veinte días después de la siembra y posteriormente cada cuatro meses 120 g de cloruro de potasio y 80 g de úrea, basado en análisis de suelo. Se

evaluaron diámetro y longitud del dedo (cm), largo y peso del racimo (LR, PR), número de dedos totales (NDT) y número de manos (NM), durante dos ciclos de cosecha; realizándose análisis de varianza combinado en el tiempo (dos ciclos de cosecha) y pruebas de medias Tukey. El trabajo se realizó en el Campo Experimental del CENIAP-Maracay, Venezuela (Latitud 10° 17' N.; Longitud 67° 37' O), catalogado como bosque seco premontano (EWEL Y MADRIZ, 1968).

RESULTADOS

El cuadro 1, indica el análisis de varianza y las medias de las variables significativas, desviación estándar y coeficiente de variación con valores inferiores a 17%, siendo indicativo del grado de confianza que presentan los resultados. En el análisis de varianza, se observa un efecto marcado de los ciclos de cosecha sobre la variable largo del dedo (LD), que fue altamente significativa, con mayor respuesta en el ciclo 1; mientras que el peso del racimo (PR) fue altamente significativo para las distancias de siembra de 2,5 y 3 m. De igual manera, el número de dedos totales (NDT) fue significativo para esas distancias (cuadro 2).

Cuadro 1.- Análisis de varianza basado en cuadros medios para las variables número dedos totales (NDT), largo dedo (LD) y peso del racimo (PR). Se indican sus medias, desviación estándar (D.E) y coeficientes de variación (C.V).

Fuente	GI	NDT	LD	PR
Ciclo(a)	1	147,89	109,89**	18,48
REP(b)				
A x B	18	43,49	7,46	4,44
Dist(C)	2	129,82*	2,67	32,79**
A x C	2	44,38	1,36	13,27
AxBxC	36	21,83	5,46	4,74
Total	59			
media		45,23	27,77	13,28
D.E		1,05	0,71	0,69
C.V		10,33	8,41	16,39

* significativo y ** altamente significativo al 5%

El cuadro 3, indica la interacción ciclo x distancia de siembra para las variables largo del dedo (LD) y peso del racimo (PR), cuyos valores fueron los más afectados por los ciclos de cosecha. En la variable LD, se observa un promedio para el ciclo 1 de 29,13 cm; con disminución a 26,42 para el ciclo 2; con el valor mayor generado por la distancias de 3 m. Mientras que la variable PR presentó atenuada disminución de su valor para el ciclo 2, con diferencia de 1,11 kg, originada por las mismas distancias de siembra de 2,5 y 3 m; y el menor valor alcanzado (10,32 kg), se origino por la distancia de 2 m.

Cuadro 2.- Pruebas de medias TUKEY (HSD, al 5% de significación), para las variables numero dedos totales (NDT), largo dedo (LD), peso racimo (PR).

Variable	Factor	Media	Grupo
NDT	3m	47.19	A
	2,5m	46.15	A
	2	42.35	B
LD	Ciclo I	29.13	A
	Ciclo II	26.42	B
PR	2,5m	14.04	A
	3m	14.00	A
	2	11.80	B

Cuadro 3.- Interacciones entre los ciclos de cosecha (C1, C2) y las distancias de siembra para las variables largo del dedo (cm) y peso del racimo (kg).

Variable	Largo Dedo (cm)		
	Ciclos		
Distancia	C1	C2	
2	28.65	26.15	27.4
2,5	28.95	26.63	27.79
3	29.78	26.48	28.13
Media	29.13	26.42	27.28
Variable	Peso Racimo (kg)		
	Ciclos		
Distancia	C1	C2	
2	13.28	10.32	11.80
2,5	13.98	14.09	14.04
3	14.24	13.76	14
Media	13.83	12.72	13.28

Se ha demostrado que las densidades bajas producen racimos de mayor peso y tamaño, y al aumentar la población aumentan los rendimientos en términos absolutos, disminuyendo el tamaño del racimo (CAYON *et al*, 1995; BELALCÁZAR, 1991)). ALEJO *et al*. (1986) y MONTENEGRO (1995) coinciden al señalar que a mayor densidad el peso del racimo, número de dedos y manos, tamaño de dedos y racimo tienden a ser menor; lo cual demuestra que hay una compensación entre los componentes del rendimiento total y la calidad expresada en el número promedio de dedos por racimos, peso y tamaño del racimo y dedos. El patrón de crecimiento de las plantas sembradas a altas densidades es afectado por la competencia por luz, y se refleja en la producción. En estas condiciones, la tasa de fotosíntesis y transpiración son menores, al existir mayor número de hojas sombreadas que realizan ambos procesos a menor intensidad de radiación (CAYON *et al*, 1995).

Esto parece explicar la relación entre las altas densidades de siembra y la competencia entre plantas observados en este ensayo, obteniéndose menor peso de racimo, con menor longitud de los dedos al utilizar mayor número de plantas ha⁻¹. De igual manera, se observó que en la variable peso del racimo el efecto de las menores distancias de siembra, estaba asociado a la sombra generada por la mayor densidad de siembra, reflejándose en el lento desarrollo de los hijos de reemplazo; y guarda relación con el número de dedos totales en el racimo. Al aumentar el número de plantas ha⁻¹, aumento el volumen de producción; pero tanto el tamaño del dedo y diámetro fueron menores, aun cuando este ultimo no presento diferencias significativas. El lento desarrollo de los hijos, además de retrasar el ciclo de cosecha afectó el crecimiento de las plantas y su producción en el ciclo 2; siendo evidente con el tratamiento de 2m, coincidiendo por lo señalado por CAYON *et al*, 1995.

SOTO (1991) afirma que el lento desarrollo de los hijos provoca disminución del tamaño de los frutos de la próxima generación. CAYON *et al* (1995) señalan que en altas densidades disminuye la luz en la base de las plantas, inhibiendo la brotación y desarrollo de hijos. HADDAD *et al* (1989) al realizar estudio comparativo sobre cuatro variantes del plátano 'Hartón enano', observaron este comportamiento, además de una marcada desuniformidad en la floración y cosecha.

El arreglo espacial (doble hilera intercalada) propuesto en este trabajo, permitió obtener incremento en el rendimiento, pudiéndose considerar el manejo anual de este clon, sustentado sobre la respuesta de las variables largo del dedo (LD), peso del racimo (PR) y diámetro del dedo (no significativa), en relación con la distancia de siembra utilizada, que tiende a una disminución de sus valores; que se traduce en cambios en el aspecto comercial del producto final. MARTÍNEZ *et al* (1999) indicaron que tanto el tamaño del dedo, como demás componentes del rendimiento de este clon se presentan con valores inferiores al clon "Hartón típico". Sin embargo, al observar las características de los dedos del plátano "Hartón típico" que se encuentran actualmente en el mercado, es obvio su posibilidad de penetración a nivel comercial, a consecuencia de la demanda existente.

Obtener rendimientos superiores a 30 t ha⁻¹ para el primer ciclo de producción con el clon plátano 'Hartón enano', con una densidad de siembra de 2 500 plantas ha⁻¹, señalan a este clon como altamente productor; aun cuando el peso del racimo tiende a disminuir en los sucesivos ciclos de cosecha (HADDAD *et al*, 1989), lo cual coincide con los resultados obtenidos en este trabajo.

CONCLUSIONES:

- Las altas densidades utilizadas generaron diferencias significativas en las variables peso del racimo, largo del dedo y número de dedos totales, observándose retraso del segundo ciclo de cosecha, al generarse lento desarrollo de los hijos de reemplazo, por la sombra proyectadas sobre ellos, con la consecuente disminución de los valores de las variables evaluadas, comportamiento que es indicativo del manejo anual a utilizar con este clon y el uso de altas densidades de siembra.
- Se observó un efecto marcado de los ciclos de cosecha sobre las variables largo del dedo y peso del racimo; originándose los mayores valores con las distancias de 3 y 2,5 m, en el ciclo 1.
- Estos resultados fueron obtenidos en una zona totalmente distinta a las zonas productoras de este cultivo, caracterizada como bosque seco premontano, con un coeficiente de variación inferior a 17%, indicativo del grado de confianza de estos resultados, demostrándose la adap-

tación del mismo a condiciones agroecológicas diferentes a las tradicionales.

BIBLIOGRAFÍA

- ALEJO R., RODRIGUEZ N., SOSA J. 1986. Influencia de la densidad de plantación sobre el desarrollo y rendimiento del clon plátano Vianda «Cemsa 3/4» en un suelo ferralítico rojo. Ciencia y Tecnología en la agricultura. Viandas Tropicales. Cuba 9 (2):51-70.
- BELALCAZAR S. 1991. El cultivo del plátano en el trópico. Manual de asistencia técnica # 50. 376 pgs. Editado por INIBAP/ICA/CIID. Fed. Nac. Cafeteros de Colombia.
- CAYON G., LOZADA J., BELALCAZAR S. 1995. Respuesta fisiológica del plátano 'dominico hartón' en altas densidades de siembra. Mejoramiento de la producción del plátano. CORPOICA/ICA. IDRC.CIID. INIBAP.INPOFOS. Pg.112-117.
- EWEL J., MADRIZ A. 1968. Zonas de vida de Venezuela. Memoria explicativa sobre mapa ecológico. Ministerio de Agricultura y Cría. Caracas. Editorial Sucre. 256 p.
- HADDAD O., DEL VALLE R., PARGAS R. 1992. Algunas características del fruto del plátano Hartón enano (musa AAB). Agronomía Tropical. (42) 5-6:329-351.
- HADDAD O., GONZÁLEZ M., DEL VALLE R., PARGAS R., RODRÍGUEZ, MANZANILLA E. 1989. Estudio comparativo de cuatro clones de plátano "Hartón enano (Musa AAB), bajo riego. ACORBAT. Memorias. Pgs 97. Mérida. Venezuela.
- LEAL F., AVILAN L. 1997. Situación de fruticultura en Venezuela: Un análisis. Rev. Fac. Agron. UCV.23:1-30.
- MARTÍNEZ G. MARÍN C. MANZANILLA E. PARGAS R. MUÑOZ D. 1997. Incremento en la producción de plátano 'Hartón enano' con el uso de altas densidades de siembra. Resultados preliminares, primer ciclo. Jornadas Agronómicas. Maracay. Venezuela. Memorias pg. 40.
- MARTÍNEZ G. MANZANILLA E. PARGAS R. 1998. Alternativas en uso de altas densidades de siembra y labores de deshije sobre la producción de plátano 'Hartón enano'. XLIV Annual Meeting of the Interamerican Society for Tropical Horticulture. Barquisimeto. Venezuela. Memorias pg 31.
- MARTÍNEZ G. MANZANILLA E. PARGAS R. 1999. Caracterización morfológica del clon plátano 'Hartón enano'. XIV Jornadas Agronómicas. San Cristóbal. Venezuela. Memorias. pg 95.
- MARTÍNEZ G. MANZANILLA E. PARGAS R. MARIN C. 2000. Potencial productivo del clon plátano Hartón enano en las condiciones de un bosque seco premontano en Venezuela. Resultados Preliminares. 46 th Annual Meeting Interamerican Society for Tropical Horticulture. Miami, Florida. USA. Memorias pg 33.
- MONTENEGRO O. 1996. Evaluaciones de 3 distancia y 2 densidades de siembra en banano bocadillo en el centro de Tolima, Colombia. Frutos de investigación agrícola. Región 6. 1994-1996. CORPOICA. Pg.57.
- NAVAS C. 1999. El comercio del plátano y el banano. I Seminario Venezolano sobre plantas agamicas tropicales. Maracay. Memorias. p 21-25.
- SIMMONDS N. 1973. Los plátanos. Técnicas Agrícolas y Producciones Tropicales. Ed. Blume 539 pág.
- SOTO M. 1991. Bananos. Cultivo y comercialización. Cap. V. Siembra y operaciones del cultivo. 3 era. Ed. 625 p.
- 1 Trabajo financiado por FUNDACITE-ARAGUA.

Proposal for codification of the phenological cycle of edible *Musaceae*

Una propuesta de codificación del ciclo fenológico
de *Musáceas* comestibles

R. Gonzales¹, C. Ruiz-Silvera², H. Bleiholder³, H. Hack⁴, U. Meier⁵, H. Wicke⁶

A

ABSTRACT

A code proposal for phenological development of *Musaceae* on the basis of the BBCH Extended Scale for crop and weed growth is presented. Ten principal growth stages were defined: 0 sprouting, 1 leaf development, 2 sucker formation, 3 pseudostem elongation, 4 sucker leaf development, 5 inflorescence emergence, 6 flowering, 7 fruit development, 8 fruit ripening, 9 senescence, which take into account the plant mother and sucker development. Every principal growth stage was subdivided into secondary growth stages with codes, when necessary.

RESUMEN

From the beginning the descriptive phenological codes have turned into important tools for the identification of the development stages of plants. A homogeneous and appropriate codification of this development allows an adaptation, to the requirements of actual data systems for data processing and analysis.

The first attempts to codify the development stages of crops were presented with special emphasis on cereals (Zadoks et al., 1974; Large, 1954). Based on the beginnings of codification reflected in these investigations, a model was proposed to describe the development of all plants (crops or weeds), using a decimal code which is known as BBCH code (Bleiholder et al., 1989, 1991). This code was revised and improved with the intention to obtain a better description of the phenological stages of the species and to allow a

more universal use of the codification, which was the case with the extended BBCH code (Hack et al., 1992, 1993).

The different growth stages of plantains and bananas during their life cycle were described and the proposals summarised resulting in a definition of three stages, i.e. a vegetative, reproductive and productive stage (Belalcázar et al., 1990, 1995; Pons 1987; Martínez & Mendoza, 1978; Simmonds 1973; Champion, 1963). In some cases, the descriptions point out the development of the respective daughter in view of the special characteristics of these crops, whereas in others emphasis is laid on the numbers of days passed or leaves developed up to the moment when the changes occur which identify each development phase.

A codification model is mainly characterised by the possibility to define the occurrence of visible morphological changes, the formation of leaves and events associated with the chronological development of time (days, months, etc.) by numerical values. This might help to determine adequate periods for crop and pest management in different geographic regions and to collect information during the growth of the plant with the aid of development indicators.

The objective of this study was to present a proposal for the codification of the phenological cycle of *Musaceae* on the basis of the BBCH code, describing the development phases of cultivated plants and weeds.

1. Research International S. S., Turrialba 7170, C. R. Tel: (506) 2531855
2. Fundación para la Investigación Agrícola Danac, San Felipe Apdo 182, Venezuela
3. BASF AG, Carl Bosch Strasse 46, 67117 Limburgerhof, Germany. Tel: (49) 6216027395; E-mail: hermann.bleiholder@apd.x400.basf-ag.de
4. Theodor-Storm 2, 51519 Odenthal, Germany. (49)220279116
5. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA), Messeweg 11-12, 38104 Braunschweig, Germany. Tel (49)5312994409; E-mail: u.meier@bba.de
6. AGREVO. Hessendamm 1-3, 65795 Hattersheim, Germany. Tel: (49) 6190803228; E-mail: heinrich.wicke@agrevo.com

MATERIALS AND METHODS

Definitions and criteria of codification: This proposal was elaborated after perusal of the existing literature on botanical, morphological and physiological aspects of *Musaceae*, confirmation of the morphological codes in the field, consultation of technicians and planters with experience in banana and plantain cultivation and on the basis of previous observations and the experience of the authors.

To allow a better understanding of the definitions, concepts were elaborated regarding the development of the plant and the system which is developed logically.

Codification of the cycle and description of the stages. To establish the codification of the development stages of the plant, the proposals of the BBCH code defined by Bleiholder et al. (1991) and more recently by Hack et al. (1992) were taken into account. Meier (1997) has made a conclusion and published the BBCH - Monograph with 27 crops and the weed in english, german, spanish and french. In these proposals, the development of the cultivated plant as well as the weed is characterised by a decimal code which begins with sprouting or emergence of the plant until the senescence or vegetative rest.

Three concepts of development stages are defined in the code: principal stage, mesostage and secondary stage which allow a detailed and precise description of the changes. Based on this proposal, it is possible to use alternatively 2, 3 or 4 digits to define the phenological event. The numbers 0 to 9, corresponding to ordinal values or percentages of development, are assigned to each of the stages.

RESULTS

Proposals for codification and description of the principal development stages: *Musaceae* (bananas and plantains) are plants the development of which can be subdivided into 10 principal stages.

Proposals for codification and description of the secondary development stages Codes with 2 and/or 3 digits are defined in the BBCH scale, which take into account the mesostage and the secondary stage. An additional stage is included into account in this proposal: the secondary microstage which is considered as a phase necessary to obtain more precision in the description of the principal stages

of leaf development, sucker formation and leaf development of the daughter. Codes of 4 digits are used with the inclusion of this stage. The description includes the code assigned to the defined secondary stages adding a series of illustrations of these stages as an aid to use the system.

Use of the proposed descriptive code

It is generally possible to use the code with 2 or 3 digits as needed by the user. The secondary microstage, however, is included in order to allow a broader use of the code which is just developed and investigated. The codification can be applied to a plant or a group of plants. The latter should be done, if at least 50 % of the plantation has reached the stage described. As established in the BBCH code two options are possible if events of different principal stages overlap or occur in parallel: it is possible to assign the code of the actual stage or that of the more advanced phase. This depends on the degree of precision the user intends to reach.

Some relevant aspects of the proposal for codification with regard to the phenology and treatment of *Musaceae*

There are some aspects regarding the defined development stages and the use of the system which are worth to be discussed:

Sprouting or emergence. If tissue culture plants are used, the growth point is active and no buds are activated before the foliar shoot has emerged. The shoot of the corm corresponds to a formed leaf which was cut in its development and which appears often in this condition. The corm must go through a phase of root formation before the shoot can develop, i.e. a process which is not visible in the field.

Leaf development. A musaceous plant (plantains and bananas) generally develops 30 leaves or more before the flowering phase begins. As opposed to the BBCH-scheme, the leaves in the case of *Musaceae* are counted from top (candela) to bottom, particularly for the treatment of sigatoka: the lower the number, the younger is the leaf. To be more precise, it is possible in agricultural experiments to define the number of leaves produced by the plant. Under the conditions of normal agricultural practice, however, it is more

important and sufficient to define the number of leaves present in the plant at the moment of evaluation. The leaf index (LI) for assessing the leaf surface was 0.86 for the clones of the sub-group Cavendish (genome AAA), whereas it was 0.80246 for the plantain Dominico karton (genome AAS) (Belalcázar et al. 1990). This variable was used as indicator of changes in the principal development stages of the plant. Belalcázar et al. (1990) are of the opinion that it is possible to identify morphological changes in the leaf which are related to the occurrence of the inflorescence in the pseudostem.

Sucker formation. During normal growth of the plant lateral buds are formed which produce the suckers. It is assumed that a production unit (corm) has a productive potential of up to 20 daughter plants; in commercial *Musaceae* plantations, however, the removal of suckers is normally conducted during cultivation, since the presence of suckers reduces the nutrient supply of the parent plant.

Leaf development of the sucker. The mother exerts apical dominance impeding the development of the definitive leaves of the sucker until the vegetative bud of the mother is converted into the flower bud inside the pseudostem. As soon as the sucker becomes independent, its development continues. Stage 4 of the leaf development of the sucker can be considered as the stage which corresponds to the formation of vegetative propagation organs described in the uniform codification system proposed by Bleiholder et al. (1991), since the sucker can be selected as propagation material for new plantations or replanting during its development.

Emergence of the inflorescence. If the flower bract starts to emerge, its characteristics allow a clear definition of this phase (smaller in size than a normal leaf at the candle stage). Still half of the leaves which have to leave the pseudostem are inside the trunk when the growth point takes a conical form and begins to produce the flower stalk. If this occurs (transformation into floral apex), there is no external morphological evidence which can be related to the beginning of flowering.

Flowering. When the flower emerges, the flower buds are already differentiated in the plant and the number of hands and fingers per hand have been set. This process takes place approx. 20 days before

emergence of the inflorescence.

Formation of the Fruit. During this period the fruits fill. There is a direct relation between the thickness of the fruit and its physiological maturity. For commercial purposes the fruits are harvested during the sub-phases 73 - 74 which corresponds to a bunch aged 12+/-2 from the emergence of the flower onwards. Since there is no uniform development of the fingers, the diameter and length of a few fingers are quantified (preferably those from the upper hands), and the evaluated characteristics are extrapolated to the whole bunch.

Ripening of the fruit. In *Musaceae* the fruits do not ripen on the plant, since the ripening process is often irregular and in some cases unsatisfactory, i.e. the fruit becomes cracked and the pulp turns to be mealy. Due to these factors the bunches are cut or harvested for personal consumption when the fingers have attained the maximum thickness (horticultural maturity), whereas for commercial purposes (export or domestic trade) the criteria of thickness of the fingers and age of the bunch (physiological maturity) are applied, taking into account the transport, storage and final sales conditions. These criteria are the result of the climacteric nature of the fruit.

Senescence. Normally the pseudostem of the parent plant is cut in order to facilitate the development and protect the succeeding sucker from damage which produces a new inflorescence. In a commercial plantation crop yield is ensured by the succession daughter, grand daughter, when the pseudostem of the mother is cut. If this phase has been reached, the meristem of the parent plant has ceased to be active.

REFERENCES

- Belalcázar S, Buriticá P, Torregroza M, Jaramillo O, Beana H, Toro J, Valencia J. 1990. Generación de tecnología para el cultivo y producción rentable del plátano en la zona cafetera central colombiana. Armenia, Colombia, ICA/Comité Departamental de Cafeteros del Quindío/CIID-Canadá/INIBAP. Informe Técnico. 151 p.
- Bleiholder H, van den Boom T, Langelüddecke P, Stauss R. 1989. Einheitliche Codierung der phänologischen Stadien bei Kultur- und Schadpflanzen. *Gesunde Pflanzen* 41:381-384
- Bleiholder H, van den Boom T, Langelüddecke P, Stauss R. 1991. Codificación uniforme para los estadios fenológicos de las plantas cultivadas y de las malas hierbas. *Phytoma* (ESP) 28
- Champion J. 1963. El plátano. Trad. Fermin Paloqueme. Barcelona, España, Editorial Blume. 241 p.
- Hack H, Bleiholder H, Buhr L, Meier U, Schnock-Fricke E, Weber E, Witzemberger A. 1992. Einheitliche Codierung der

- phänologischen Entwicklungsstadien mono-und dikotyler Pflanzen. Erweiterte BBCH-Skala, Allgemein. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 44: 265-270.
- Hack H, Gall H, Klemke Th, Klose R, Meier U, Stauss R, Witzemberger A. 1993. Phänologische Entwicklungsstadien der Kartoffel (*Solanum tuberosum* L.). Codierung und Beschreibung nach der erweiterten BBCH-Skala mit Abbildungen. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 45: 11-19.
- Large E. 1954. Growth stages in cereals: illustration of the Feekes scale. *Plant Pathology* 3: 128-129
- Martinez E & Mendoza. 1978. Ciclos vegetativos de las variedades de plátano y banano comerciales en la zona bananera del Magdalena. *Revista COMALFI (Col)* 5 (3/4): 105-114.
- Meier U. 1997. BBCH-Monograph. Growth stages of plants - Entwicklungsstadien von Pflanzen - Estadios de las plantas - Développement des Plantes. Blackwell Wissenschaftsverlag, Berlin und Wien. 622 p
- Pons S. 1987: Las etapas de desarrollo de la planta de banano y plátano. Informe UPEB 83. Panamá, UPES: 61-68.
- Zadoks J C, Chang T, Konzak C. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14: 415-421

Table 1. Codification of the phenological cycle of edible <i>Musaceae</i> -Uniform codation of the extended BBCH-scale–			
Code			Description
2- digit	3- digit	4- digit	
Principal stage 0: Sprouting & emergence			
00	000	0000	Recently planted material (plants from tissue cultures and corns) without visible growth
05	005	0005	Emergence of the 1st new leaf in plants from tissue cultures or of the foliar shoot of the corn
Principal stage 1: Leaf development			
10	100	1000	Formation of the 1st leaf of the planted corn or the candela leaf in tissue culture plants (candela stage 0)
		1002	Leaf 1 at candela stage 2
			stages continue till...
		1008	Leaf 1 at candela stage 8
11	101	1010	One leaf completely open and the youngest leaf at candela stage 0
		1012	One leaf completely open and the youngest leaf at candela stage 2
			stages continue till...
		1018	One leaf completely open and the youngest leaf at candela stage 8
12	102	1020	Two leaves completely open and the youngest leaf at candela stage 0
		1022	Two leaves completely open and the youngest leaf at candela stage 2
			stages continue till...
		1028	Two leaves completely open and the youngest leaf at candela stage 8
13	103	1030	Three leaves completely open, the youngest leaf at candela stage 0
		1032	Three leaves completely open ,the youngest leaf at candela stage 2
			stages continue till...
		1038	Three leaves completely open , the youngest leaf at candela stage 8
			stages continue till...
19	109	1090	9 or more leaves (only 2 digit code) or nine leaves completely open, the youngest leaf at candela stage 0
		1092	Nine leaves completely open, the youngest leaf at candela stage 2
		1094	Nine leaves completely open, the youngest leaf at candela stage 4
			stages continue till...
	119	1190	Nineteen or more leaves completely open and the youngest leaf at candela stage 0
		1192	Nineteen or more leaves completely open and the youngest leaf at candela stage 2
		1194	Nineteen or more leaves completely open and the youngest leaf at candela stage 4
			stages continue till...

Principal stage 2: Sucker formation

21	201	2010	1st sucker with visible leaf
		2011	1st sucker with visible sword leaf
		2012	1st sucker with visible water leaf
22	202	2020	2nd sucker with visible leaf
		2021	2nd sucker with visible sword leaf
		2022	2nd sucker with visible water leaf
23	203	2030	3rd sucker with visible leaf
		2031	3rd sucker with visible sword leaf
		2032	3rd sucker with visible water leaf
			stages continue till...
29	209	2090	nine or more suckers with visible leaf
		2091	nine or more suckers with visible sword leaf
		2092	nine or more suckers with visible water leaf

Principal stage 3: Pseudostem elongation

35	305	3050	The pseudostem reaches 50 % of its typical thickness and length according to the genome or clone
39	309	3090	The maximum length and thickness of the pseudostem are reached according to the genome or clone and the formation of new leaves of normal size has been terminated

Principal stage 4: Leaf development of the sucker (sword sucker)

40	400	4000	Sub-phase of dependent growth: the sucker becomes visible and develops the leaf shoot
41	401	4011	Development of the 1st lanceolate leaf
		4012	Development of the 2nd lanceolate leaf
		stages continue till...	
45	405	4019	Development of the 9th or more lanceolate leaves
		4050	Sub-phase of independent growth: leaves of approx. 10 cm width are developed (original leaf/zero leaf/F10)
		4051	Development of the 1st leaf of approx. 10 cm width
		4052	Development of the 2nd leaf of approx. 10 cm width
		stages continue till...	
49	409	4059	Development of the 9th or more leaves of approx. 10 cm width
		4090	End of this phase is reached with the development of the first leaf with characteristics of the genome or clone (length width ratio, leaf surface index). Beginning of synchronised development of "normal" leaves (FM)

Principal stage 5: Emergence of inflorescence

50	500	5000	The development of new normal leaves has been terminated and the flower bract emergence
51	501	5010	Flower bract at candela stage 2
52	502	5020	Flower bract at candela stage 4
53	503	5030	Flower bract at candela stage 6
54	504	5040	Flower bract at candela stage 8
55	505	5050	Flower bract completely open
59	509	5090	Emergence of the last bract leaf or first sterile bract protecting the flower

Principal stage 6: Flowering			
60	600	6000	The stage begins with the emergence of the flower protected by the last bract leaf (1st sterile bract)
61	601	6010	A bract which does not protect any hand of flowers rises (2nd sterile bract) and the rachis or flower stalk takes a pendulum position
62	602	6020	Bract rises which protects the 1. hand of female or pistillate flowers
63	603	6030	Bract rises which protects the 2. hand of female or pistillate flowers
64	604	6040	Bract rises which protects the 3. hand of female or pistillate flowers
65	605	6050	Full bloom: at least 50 % of the hands of females flowers are developed
69	909	6090	The bracts which protect the hands wither and fall off and the fingers are bent into a direction perpendicular to the rachis
Principal stage 7: Development of the fruit			
70	700	7000	At least 50 % of the fingers show an upwards curvature and the fruits (fingers) begin to fill
71	701	7010	Total exposure of the fingers or female flowers (protective bracts fallen off or bent and withered above the hands)
72	702	7020	The fingers of the hands show the characteristic curvature of the fruit (upwards and almost parallel to the axis or rachis)
73	703	7030	From the first two hands up to 30 % of the hands have reached the max. thickness of the fruit
74	704	7040	Up to 40 % of the hands have reached the max. thickness of the fruit stages continue till...
79	709	7090	All hands have reached the max. thickness of the fruit and no hand shows a loss of weight
Principal stage 8: Ripening of the fruit			
80	800	8000	Ripening starts when the fruit has reached the maximum thickness, begins to lose weight and shows changes of the colour by which the degrees of maturity are defined
81	801	8010	Degree of maturity 1: green. Normal colour of the fresh fruit
82	802	8020	Degree of maturity 2: tinge of yellow. First modification of colour during the ripening cycle
83	803	8030	Degree of maturity 3: more green than yellow
84	804	8040	Degree of maturity 4: more yellow than green
85	805	8050	Degree of maturity 5: tinge of green
86	806	8060	Degree of maturity 6: all yellow
87	807	8070	Degree of maturity 7: yellow with brown specks. Fruit is completely ripe, has the best flavour and a high nutritive value
88	808	8080	Degree of maturity 8: 20-50 % of surface discoloured brown or spoiled
89	809	8090	Degree of maturity 9: More than 50 % of the surface of the fruits is discoloured brown and spoiled
Principal stage 9: Senescence and death			
90	900	9000	More than 50 % of the surface of the fruits are discoloured brown
91	901	9010	The leaves the plant shows have died off acropetally and the male flowers have withered, are necrotic and/or have fallen off
93	903	9030	Total rot and necrosis of the fruits
95	905	9050	Degeneration (necrosis) of the flower
97	907	9070	The sheaths enclosed in the pseudostem become brittle which indicates the beginning of necrosis of the pseudostem. The pseudostem turns to be brown
98	908	9080	Total decomposition of the tissues and fall down of the pseudostem
Harvested product: post-harvest or storage treatments take place at stage 99, 909 or 9090			

Root system development during two crop cycles in banana and plantain (*Musa* spp.)

Desarrollo del sistema radical durante dos ciclos de cultivo en banano y plátano (*Musa* spp.)

G. Blomme¹, R. Swennen² and A. Tenkouano³

ABSTRACT

The few root studies conducted so far in *Musa* are mainly devoted to observations during the first months of the first cycle. Therefore, a study was needed of the root system during the second cycle when all plant components are in place (i.e. the remains of the plant crop, first ratoon and the sucker which will produce the second ratoon). The present study was carried out at the International Institute of Tropical Agriculture (IITA) high rainfall station at Onne in south-eastern Nigeria and evaluated root system and shoot development during the plant crop and first ratoon crop of several banana and plantain (*Musa* spp.) genotypes. This study indicates a reduction in leaf area, corm weight and root system traits during the reproductive stage of both the plant crop and the first ratoon cycle. First ratoon plants were slightly taller than the plant crop and had a bigger corm resulting in a higher number of cord roots. However, cord root length was reduced for the first ratoon crop. In addition, there was a reduction in sucker vigor during the ratoon crop, which may be attributed to the observed high mat phenomenon and possible soil degradation. This poor sucker growth will negatively influence plant anchorage and stability and demonstrates the limited possibilities of degraded Ultisols for production of consecutive ratoon crops.

Key words: banana, *Musa* spp., plantain, plant crop, ratoon crop, root system

RESUMEN

Los pocos estudios realizados hasta la fecha sobre raíces en *Musa* se refieren principalmente a observaciones durante los primeros meses del primer ciclo de cultivo. Por lo tanto, era necesario efectuar un estudio del sistema radical durante el segundo ciclo cuando ya todos los componentes de la planta estuvieran en su lugar (por ejemplo, los desechos vegetales de la primera y segunda cosechas y el hijo de producción del tercer ciclo). El objetivo del presente estudio, realizado en la estación High Rainfall en Onne del Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA) al sureste de Nigeria, fue evaluar el sistema radical y el desarrollo apical durante la primera y segunda cosecha de varios genotipos de banano y plátano (*Musa* spp.). Este estudio mostró una reducción en el área de la hoja, peso del cormo y características del sistema radical durante la etapa reproductiva, tanto en el primero como en el segundo ciclo de producción. Las plantas del segundo ciclo fueron ligeramente más grandes que las del primero, mostrando un cormo más grande que dio como resultado un mayor número de raíces principales. Sin embargo, el largo de la raíz principal se redujo en el segundo ciclo. Además, se observó una disminución en el vigor del hijo durante el segundo ciclo de cultivo, que puede ser atribuido al fenómeno de embalconamiento y posible degradación del suelo. Este pobre crecimiento del hijo afectará negativamente el anclaje y estabilidad de la planta, demostrando las limitadas posibilidades de Ultisoles degradados para la producción de ciclos consecutivos de cultivo.

1. International Institute of Tropical Agriculture (IITA), High Rainfall Station, PMB 008 Nchia-Elleme, Rivers State, Nigeria. International Mailing Address: IITA c/o L.W. Lambourn & Co., Carolyn House, 26 Dingwall Road, Croydon, CR9 3EE, UK. Current address: INIBAP-ESA, P.O.Box 24384, Kampala, Uganda, email: inibap@imul.com
2. Laboratory of Tropical Crop Improvement, Katholieke Universiteit Leuven (K.U.Leuven), Kasteelpark Arenberg 13, 3001 Heverlee, Belgium, .be" rony.swennen@agr.kuleuven.ac.be
3. Humid Forest Ecoregional Center (Yaoundé), International Institute of Tropical Agriculture, BP 2008 Messa, Yaoundé, Cameroon, A.Tenkouano@cgiar.org

I NTRODUCTION

Banana and plantain (*Musa* spp.) are grown as perennial crops because they produce consecutive generations from lateral shoots (i.e. suckers) developing from the main plant (Swennen and Ortiz, 1997). The first cycle after planting is called the plant crop or mother plant, while the ratoon is the tallest sucker succeeding the harvested plant. The second cycle is called the first ratoon crop, while the third cycle is the second ratoon crop. Sucker development consists of three distinct stages: peeper (small sucker appearing just above the ground and bearing scale leaves only), sword sucker (large sucker with lanceolate type leaves), and maiden sucker (large sucker with foliage leaves) (Simmonds, 1966; Swennen, 1984; Swennen and Ortiz, 1997).

The lifetime of a banana (*Musa* spp.) plantation is extremely variable ranging from one crop cycle (12-18 months) to permanent plantations (Nayar, 1962; Robinson, 1995). For example, plantains grown in mixed cropping systems in southeastern Nigeria are subject to progressive yield decline in ratoon situations (Wilson et al., 1985; Salau et al., 1992) due mainly to depletion of fertility and organic matter, soil erosion, low pH and build-up of weeds and pests.

After production of several ratoon crops, the upper surface of corms in aging plantain fields appears above the soil level (Stover, 1972; Swennen, 1990) and is called 'high mat'. Due to this phenomenon, newly formed roots may, depending on growing conditions, enter the topsoil or die-off before reaching the soil surface (Moreau and Le Bourdelles, 1963). The plants become weak and tip over easily because they are no longer firmly based in the soil (Swennen, 1990). Application of mulch improves the root ramification and stability of the plants and may protect the roots which would otherwise dry out (Swennen, 1990).

Vigorous sucker growth reduces the cycle duration (Ortiz and Vuylsteke, 1994). For example, dessert bananas (*Musa* AAA group) most often have well-developed suckers at maturity of the plant crop and hence have a short first ratoon cycle (Barker and Steward, 1962; Robinson and Nel, 1990). In contrast, most plantain (*Musa* AAB group) genotypes have an inhibited suckering which is

caused by the strong apical dominance exerted by the main plant (Braide and Wilson, 1980; Swennen and Wilson, 1983; Swennen et al., 1984). This apical dominance is controlled by plant growth regulators i.e. auxins, produced by the terminal apex of the main plant, which inhibit the growth of lateral buds (De Langhe et al., 1983). Hence suckers of most plantain genotypes remain small until late after flower initiation of the plant crop.

The few root studies conducted so far in *Musa* are mainly devoted to observations during the first months of the first cycle. Therefore, studies are needed of the root system during the second cycle when all plant components are in place (i.e. the remains of the plant crop, first ratoon and the sucker which will produce the second ratoon). Hence, the objective of this study was therefore to evaluate root system and shoot development during the plant crop and first ratoon crop of several *Musa* spp. genotypes.

MATERIALS AND METHODS

Site description

This study was carried out at the IITA High Rainfall station at Onne (4°42' N, 7°10' E, 5 m asl) in southeastern Nigeria. The soil is derived from coastal sediments and is a deep and freely drained Typic Paleudult/ Haplic Acrisol (FAO/ISRIC and ISSS, 1998). This soil belongs to the coarse-loamy, siliceous isohyperthermic family, with a pH of < 4 in 1:1 H₂O, and contains 74 % sand, 8 % silt and 18 % clay in the top 15 cm layer. The average annual rainfall is 2,400 mm distributed monomodally from March until November. Details of the site were described by Ortiz et al. (1997).

Type of planting material used

Micropropagated plants were produced following standard shoot-tip culture techniques (Vuylsteke, 1989; Vuylsteke, 1998). Rooted plantlets were transferred to polybags (height=25 cm, circumference =44 cm) in a greenhouse nursery (Vuylsteke and Talengera, 1998; Vuylsteke, 1998) and transplanted to the field six weeks after acclimatization.

Trial setup

Five genotypes including the diploid wild banana 'Calcutta 4', the dessert banana 'Valery' and

the tetraploid plantain hybrids 'TMPx 548-9', 'TMPx 5511-2' and 'TMPx 1621-1' were assessed (Table 1). All hybrids are progenies from a cross between 'Obino l'Ewai' and 'Calcutta 4' (Vuylsteke et al., 1993). Field planting was done on 10 October 1996. Evaluation was done at flower emergence and at harvest of both the plant crop and the subsequent first ratoon crop. First ratoon plants were obtained from the tallest sucker at harvest of the plant crop, while other suckers, present at harvest of the plant crop, were systematically eliminated through meristem removal. Four plants per genotype were assessed at each growth stage. The field layout was a completely randomized design. To avoid overlapping of adjacent root systems, plant spacing was 4 m x 4 m. The trial site, which had been under fallow of *Mucuna* and *Pueraria* for a period of 5 years, was manually prepared to avoid soil disturbance. The plants were grown under a monocropping system.

Agronomic practices

The experimental area was treated with the nematicide Nematicur (a.i. fenamiphos) at a rate of 15 g plant⁻¹ (3 treatments year⁻¹) to reduce nematode infestation. Fertilization was done with muriate of potassium (a.i. K₂O, 60 % K) at a rate of 600 g plant⁻¹ year⁻¹, and Urea (47% N) at a rate of 300 g plant⁻¹ year⁻¹, split over 6 equal applications during the rainy season (i.e. March until November). The fungicide Bayfidan (a.i. triadimenol) was applied three times a year at a rate of 3.6 ml plant⁻¹ to control the leaf spot disease black sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet). Plants were irrigated during the dry season at a rate of 100 mm month⁻¹. No mulch was applied.

Parameters assessed

All plants were completely excavated and aerial, corm and root characteristics were measured for the fruiting plant, the tallest and the other suckers. Aerial growth data measured on each plant included number of leaves (NL), plant height (PH, cm), pseudostem circumference at soil level (PC, cm) and height of the tallest sucker (HS, cm). In addition, leaf area (LA, cm²) was calculated according to Obiefuna and Ndubizu (1979). Corm characteristics measured were fresh corm weight (CW, g), corm height (CH, cm) and corm widest

width (WW, cm). The number of suckers (NS) on the corm were counted. Root characteristics included root dry weight (DR, g), the number of adventitious roots or cord roots (NR) and the average basal diameter of the cord roots (AD, mm) measured with a Vernier calliper. The cord root length (LR, cm) was measured using the line intersect method (Tennant, 1975). Other root system characteristics measured were total root dry weight (TD, g) of the mat (i.e. plant crop and suckers) and total cord root length of the mat (TL, cm).

Statistical Analysis

The statistical analysis was carried out using the SAS statistical package (Version 8) (SAS, 1989). The variability of the different growth characteristics was assessed using PROC GLM in SAS. Total phenotypic variance was partitioned according to the following sources of variation: genotype, crop cycle, genotype by crop cycle interaction and sampling time (i.e. flower emergence or harvest).

RESULTS AND DISCUSSION

Suckering behavior influenced the cycle duration. For example, 'Calcutta 4' exhibits a non-regulated suckering (i.e. all suckers grow unrestricted) and the first ratoon crop was harvested only one month after the plant crop (Table 2). In contrast, the tetraploid plantain hybrids exhibit a regulated (i.e. 2-3 suckers grow vigorously) or inhibited suckering and the period between two successive harvests was at least eight months.

Respectively, one and three plants did not complete the second cycle for the plantain hybrids 'TMPx 548-9' and 'TMPx 5511-2' (Table 2), and this could be related to the observed high mat phenomenon. The high mat and related loss in plant vigor for these tetraploid plantain hybrids is similar to observations made for plantain by Stover (1972) and Swennen (1990). No high mat was observed for 'Calcutta 4' and 'Valery', while a moderate high mat was observed for 'TMPx 1621-1'.

There was a significant effect of sampling time on leaf number and area, pseudostem circumference, corm weight, plant crop root traits and height of the tallest sucker (Table 3). Most leaves died off during the reproductive stage (Table 4), while the decay of the outer leaf sheets resulted

in a reduction of the pseudostem circumference (Table 4). The reduction in corm fresh weight was 20 % and 13 % during the reproductive stage of the first and the second cycle (Table 4). In accordance with our results, Robinson (1996) reported for dessert banana a 15 % reduction in corm dry matter during the reproductive stage and related this to a redistribution of assimilates towards the bunch and the developing suckers.

New cord roots are formed continuously until flowering occurs (Beugnon and Champion, 1966; Lavigne, 1987). In addition, Walmsley and Twyford (1968) found for dessert banana that roots of the plant crop were still functional at harvest, as indicated by the translocation of P^{32} to young suckers. In this study, a moderate reduction in cord root number of 8 and 12 % was observed during the reproductive stage of respectively the first and second cycle (Table 4). However, a strong reduction in cord root length and root dry weight was observed (Table 4). For example, cord root length was reduced by up to 40 % during the reproductive phase of both cycles.

Corm and roots of the plant crop were still alive during the ratoon growth of the tetraploid plantain hybrids and 'Valery'. For example, a 'TMPx 5511-2' plant crop had 51 cord roots with a length of 7.6 m at flowering of the first ratoon crop, while 'TMPx 1621-1' plant crop had 37 ± 4 cord roots with a length of 5.7 ± 0.7 m at flowering of the first ratoon. In addition, the plant crop of 'Valery' had 23 ± 7 cord roots with a length of 2.9 ± 0.5 m at harvest of the first ratoon crop. This confirms observations by Lassoudière (1980) who stated that roots of a harvested plant crop of the 'Poyo' dessert banana were still alive (and presumably functioning) at harvest of the first ratoon. The plant crop root system may thus contribute to the sucker development several months after harvest.

There was a significant effect of crop cycle on the number of suckers and the height of the tallest sucker (Table 3). Number of suckers decreased from 16 ± 1 to 12 ± 1 , while height of the tallest sucker was respectively 120 ± 10 cm and 68 ± 11 cm at flower emergence of the plant crop and the first ratoon (Table 4). There was a reduction in sucker vigor during the reproductive phase of the ratoon crop (Tables 4 & 5). For example, the percentage of sucker root dry weight to the mat in 'TMPx 1621-1' decreased from 58 % at harvest of the plant crop

to 25 % at harvest of the first ratoon. The mat root system size at harvest was decreased during the ratoon cycle (Tables 4 & 5). For example, cord root length of the 'TMPx 1621-1' mat at harvest of the plant crop was 63 ± 5 m, while only 26 ± 2 m cord root length was observed at harvest of the ratoon crop. The reduction in the number of suckers, sucker vigor and mat root system size during the ratoon crop may have been related to the high mat phenomenon and to a possible reduction in soil fertility.

The effect of crop cycle was also significant on the different corm traits and the cord root diameter (Table 3). The corm of the first ratoon plants was bigger and taller than the corm of the plant crop, resulting in a slight increase in number and diameter of cord roots (Table 4). In contrast, cord root length of the first ratoon was inferior to that of the plant crop (Table 4).

This study shows the reduction in leaf area, corm weight and root system traits during the reproductive stage of both the plant crop and the first ratoon cycle. First ratoon plants were slightly taller than the plant crop, had a bigger corm resulting in a higher number of cord roots. However, cord root length was reduced for the first ratoon crop. In addition, there was a reduction in sucker vigor during the ratoon crop, which may be attributed to the high mat phenomenon and possible soil degradation. This poor sucker growth will negatively influence plant anchorage and stability and demonstrates the limited possibilities of degraded ultisols for production of consecutive ratoon crops under monocropping conditions.

ACKNOWLEDGEMENTS

Financial support by the Flemish Office for International Co-operation and Technical Assistance (VVOB: Vlaamse Vereniging voor Ontwikkelingssamenwerking en Technische Bijstand) and the Belgian Directorate General for International Cooperation (DGIC) is gratefully acknowledged. The authors thank Miss. Lynda Onyeukwu and Mr. Emeka Onwuvuariri for helping with the data collection.

REFERENCES

- Barker, W., and F. Steward. 1962. Growth and development of the banana plant. II. The transition from the vegetative to the floral shoot in *Musa acuminata* cv. Gros Michel. Ann. Bot. 26: 413-423.

- Beugnon, M., and J. Champion. 1966. Etude sur les racines du bananier. *Fruits* 21: 309-327.
- Braide, J., and G. Wilson. 1980. Plantain decline: a look at possible causes. *Paradisiaca* 4: 3-7.
- De Langhe, E., R. Swennen, and G. Wilson. 1983. Aspects hormonaux du rejetonnage des bananiers plantains. *Fruits* 38: 318-325.
- FAO/ISRIC and ISSS. 1998. World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resources Reports Nr. 84, FAO, Rome, Italy, 88 p.
- Lassoudière, A. 1980. Matière végétale élaborée par le bananier Poyo depuis la plantation jusqu'à la récolte du deuxième cycle. *Fruits* 35: 405-446.
- Lavigne, C. 1987. Contribution à l'étude du système racinaire du bananier. Mise au point de rhizotrons et premiers résultats. *Fruits* 42: 265-271.
- Moreau, B., and J. Le Bourdelles. 1963. Etude du système racinaire du bananier 'Gros Michel' en Equateur. *Fruits* 18: 71-74.
- Nayar, T.G. 1962. Banana in India. The FACT Technical Society. Udyogamandal, Kerala State, India.
- Obiefuna, J.C., and T.O.C. Ndubizu. 1979. Estimating leaf area of plantain. *Sci. Hortic.* 11: 31-36.
- Ortiz, R., and D. Vuylsteke. 1994. Genetics of apical dominance in plantain (*Musa* spp., AAB Group) and improvement of suckering behavior. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119(5): 1050-1053.
- Ortiz, R., P.D. Austin, and D. Vuylsteke. 1997. IITA high rainfall station: Twenty years of research for sustainable agriculture in the West African Humid Forest. *HortScience* 32(6): 969-972.
- Robinson, J.C. 1995. Systems of cultivation and management. In: S. Gowen. (ed.). *Bananas and Plantains*. Chapman & Hall. pp. 15-65.
- Robinson, J.C. 1996. *Bananas and Plantains*. CAB International. Wallingford, Oxon, UK. pp. 238.
- Robinson, J.C., and D.J. Nel. 1990. Competitive inhibition of yield potential in a 'Williams' banana plantation due to excessive sucker growth. *Sci. Hortic.* 43: 225-236.
- Salau, O.A., O.A. Opara-Nadi, and R. Swennen. 1992. Effects of mulching on soil properties, growth and yield of plantain on a tropical ultisol in southeastern Nigeria. *Soil and Tillage Research*. 23: 73-93.
- SAS Institute, Inc. 1989. SAS/STAT user's guide, version 6, 4th edition, volume 1. Cary, N.C.: SAS Institute Inc.
- Simmonds, N.W. 1966. *Bananas*. 2nd ed. Longman, London and New York.
- Stover, R. 1972. *Banana, Plantain and Abaca Diseases*, Commonwealth Mycological Institute, Kew. pp. 316.
- Swennen, R. 1984. A physiological study of the suckering behavior in plantain (*Musa* cv. AAB). Ph. D. thesis, Dissertationes de Agricultura n°132, Faculty of Agriculture, Katholieke Universiteit Leuven, pp. 180.
- Swennen, R. 1990. Plantain cultivation under West African conditions. A reference manual. Intl. Inst. Trop. Agr., Ibadan, Nigeria. pp.24.
- Swennen, R., and G.F. Wilson. 1983. La stimulation du développement du rejet baïonnette du bananier plantain (*Musa* spp. groupe AAB) par application de gibberelline (GA_3). *Fruits* 38: 261-265.
- Swennen, R., and R. Ortiz. 1997. Morphology and growth of plantain and banana. IITA Research Guide 66 (1st ed.). Training Program, International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria. pp. 32.
- Swennen, R., G.F. Wilson, and E. De Langhe. 1984. Preliminary investigation of the effects of gibberellic acid (GA_3) on sucker development in plantain (*Musa* cv. AAB) under field conditions. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 61: 253-256.
- Tennant, D. 1975. A test of a modified line intersect method of estimating root length. *Journal of Ecology* 63: 995-1001.
- Vuylsteke, D. 1989. Shoot-tip culture for the propagation, conservation, and exchange of *Musa* germplasm. Practical manuals for handling crop germplasm *in vitro* 2. International Board for Plant Genetic Resources, Rome. pp. 56.
- Vuylsteke, D. 1998. Shoot-tip culture for the propagation, conservation, and distribution of *Musa* germplasm. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria. pp.82.
- Vuylsteke, D., and D. Talengera. 1998. Postflask management of micropropagated bananas and plantains. A manual on how to handle tissue-cultured banana and plantain plants. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria. pp. 15.
- Vuylsteke, D., R. Swennen, and R. Ortiz. 1993. Registration of 14 improved tropical *Musa* plantain hybrids with Black Sigatoka resistance. *HortScience* 28(9): 957-959.
- Walmsley, D., and I.T. Twyford. 1968. The translocation of phosphorus within a stool of Robusta bananas. *Tropical Agriculture, Trinidad* 45: 229.
- Wilson, G.F., R. Swennen, and E. De Langhe. 1985. Effects of mulch and fertilizer on yield and longevity of a medium and giant plantain and a banana cultivar. Proceedings of the 3rd meeting. Abidjan, Côte d'Ivoire, 27-31 May 1985. International Association for Research on Plantain and Bananas, pp. 109-111.

Table 1. Name, genome, ploidy level, type and suckering behavior of the genotypes evaluated

Name	Genome	Ploidy level	Type	Suckering behavior
Calcuta 4	AA	2	Wild diploid	Non-regulated
Valery	AAA	3	Dessert banana	Regulated
TMPx 5489	AAB x AA	4	Plantain hybrid (Obino l'Ewai x Calcuta 4)	Regulated
TMPx 1621-1	AAB x AA	4	Plantain hybrid (Obino l'Ewai x Calcuta 4)	Regulated
TMPx 5511-2	AAB x AA	4	Plantain hybrid (Obino l'Ewai x Calcuta 4)	Inhibited

Table 2. Number of plants assessed and different plant growth traits for the different genotypes

Genotype	Traits#						
	No of plants				DTFL	DTH1	DTH2
	PIC-FL	PIC-H	1R-FL	1R-H			
Calcutta 4	4	4	4	4	25±14	35±13	49±7
Valery	4	4	4	4	42±53	54±56	64±32
TMPx 5489	4	4	4	3	48±25	49±30	74±25
TMPx 16211	4	4	4	4	42±10	45±14	74±37
TMPx 55112	4	3	3	1	43±29	49±23	79

#: PIC-FL: plant crop at flower emergence, 1R-H: first ratoon at harvest, DTFL: days to flower emergence, DTH1: days to harvest of the plant crop, DTH2: days to harvest first ratoon.

Table 3. Mean square and significance tests for different growth characteristics

		Trait#								
Source of variation	df	LA	NL	PH	PC	CW	CH	WW	NS	HS
Genotype	4	27328345	10	2648**	104*	3887156*	182	180**	72	689
Cycle	1	17055579	3	360	5	2006310*	406	57**	196	5621*
Genotype×Cycle	4	64753347	3	883	15**	102210	3**	1	10	275
Sampling time	1	5798584250*	132***	236	92***	652360*	1	7	4	1692**
Residual	63	182328055	4	486	30	103285	7	3	8	187
Source of variation	df	%suckerDR	%suckerLR	DR	NR	LR	AD	TD	TL	
Genotype	4	242	148	1101	966**	356912	80***	8783	18349734*	
Cycle	1	988	278	17	155	802351	4.5*	2926	9101058	
Genotype×Cycle	4	460	291	658*	538	453019*	0.1	5296*	11979964	
Sampling time	1	212**	281**	2422**	5054*	3624990**	0.7	1644	89	
Residual	63	208	160	1816	112	1071197	0.3	1856	1867009	

#: LA: leaf area (cm²), NL: number of leaves, PH: plant height (cm), PC: pseudostem circumference (cm), CW: corm weight (g), CH: corm height (cm); WW: corm widest width (cm), NS: number of suckers, HS: height of the tallest sucker (cm), %suckerDR: percentage root dry weight of the suckers to the mat (i.e. plant crop and suckers), %suckerLR: percentage cord root length of the suckers to the mat, DR: root dry weight (g), NR: number of cord roots, LR: cord root length (cm), AD: average basal cord root diameter (mm), TD: total root dry weight of the mat (g), TL: total length of the cord roots of the mat (cm)

*, **, ***: significant at P<0.05, 0.01 and 0.001, respectively

Table 4. Plant growth characteristics at flower emergence (FL) and harvest (H) of the plant crop and the first ratoon crop (mean values and s.e. for the five genotypes combined)

Trai#	Plant crop					First ratoon				
	FL		H		% (1)	FL		H		%
LA	6 58 01	±4,57 9	8,16 1	±2,36 8	-88	6 1,1 66	±3,11 4	7,02 1	±3,01 9	-89
NL	1 05	±0.5	1.9	±0.4	-82	9.9	±0.4	1.5	±0.5	-85
PH	1 95	±9	1 96	±11	1	2 15	±8	2 01	±13	-7
PC	5 5	±2	4 7	±3	-15	5 4	±2	4 6	±2	-15
NS	1 6	±1	1 6	±1	0	1 2	±1	1 3	±1	8
HS	1 20	±10	1 58	±12	3 2	6 8	±11	9 3	±12	3 7
CW	3,83 6	±38 0	3,06 7	±30 2	-20	4,76 0	±42 6	4,13 1	±56 5	-13
CH	2 4	±1	2 3	±1	-4	2 8	±1	2 8	±1	0
VW	1 6	±1	1 5	±1	-6	1 8	±1	1 7	±1	-6
DR	1 30	±12	1 11	±13	-15	1 46	±13	9 0	±8	-38
NR	1 34	±11	1 23	±7	-8	1 49	±8	1 31	±11	-12
LR	3,77 8	±35 5	2,26 8	±19 2	-40	3,00 1	±33 3	1,84 1	±12 1	-39
AD	4.9	±0.2	5.2	±0.2	6	5.5	±0.2	5.5	±0.2	0
TD	2 74	±28	4 09	±37	4 9	3 36	±38	2 60	±35	-23
TL	7,69 9	±78 3	9,67 7	±1,61 9	2 6	7,32 1	±1,30 9	5,66 1	±95 9	-23
%suckerDR	5 0	±2	6 9	±4	na	5 1	±4	5 4	±6	na
%suckerLR	4 9	±2	6 8	±3	na	5 2	±4	5 7	±5	na

#: see Table 3 for abbreviations

(1): percentage difference between harvest and flower emergence

na: non applicable

Table 5. Plant growth characteristics at flower emergence (FL) and harvest (H) of the plant crop and the first ratoon crop for the different genotypes (mean and s.e.)

Genotype	Trai#	Plant crop				First ratoon			
		FL		H		FL		H	
Calcutta 4	%suckerDR	4 4	±6	9 0	±3	5 8	±9	8 4	±4
	%suckerLR	4 3	±5	8 8	±4	5 6	±9	8 0	±4
	TD	1 26	±19	5 39	±16	4 39	±10 6	4 48	±16
	TL	5,35 4	±54 0	2,14 24	±2,05 8	1,46 64	±4,42 5	1,15 60	±99 2
Valery	%suckerDR	5 3	±8	7 3	±3	5 8	±7	6 1	±3
	%suckerLR	5 6	±8	7 3	±2	5 7	±5	6 1	±4
	TD	2 73	±78	4 37	±67	2 84	±43	2 03	±47
	TL	8,26 1	±1,74 1	7,84 7	±73 0	5,38 9	±52 3	4,50 7	±78 0
TMPx 5489	%suckerDR	5 8	±3	7 0	±4	6 2	±6	5 9	±10
	%suckerLR	5 2	±4	6 5	±3	6 3	±5	6 0	±7
	TD	3 77	±49	4 43	±10 2	4 82	±65	3 07	±52
	TL	1 00 96	±1,55 2	8,10 9	±2,52 3	8,17 3	±82 2	4,69 2	±61 1
TMPx 16211	%suckerDR	4 4	±3	5 8	±5	3 0	±10	2 5	±4
	%suckerLR	4 4	±3	6 0	±2	3 5	±9	3 3	±3
	TD	3 46	±47	3 89	±25	2 13	±33	1 38	±12
	TL	9,16 8	±2,57 1	6,25 0	±48 2	3,38 7	±59 8	2,56 5	±23 7
TMPx 55112	%suckerDR	5 2	±4	4 8	±8	4 3	±9	1 3	
	%suckerLR	4 9	±4	4 8	±5	4 9	±7	2 8	
	TD	2 46	±32	1 78	±74	2 39	±84	9 3	
	TL	5,61 5	±1,03 2	3,11 1	±1,16 9	4,25 1	±1,37 5	2,03 4	

#: See Table 3 for abbreviations

Semilla inducida en plátano y su comportamiento en condiciones de vivero

Induced plantain seed and its behavior in nursery conditions

F. Aranzazu H.

RESUMEN

Se evaluó la respuesta de dos tipos de semilla vegetativa de plátano D. Hartón, en condiciones de vivero bajo varios ambientes con peso promedio de 300 gramos. Un tipo de semilla consistió en colinos inducidos mecánicamente según "Técnica Corpoica", de plantas seleccionadas previamente, el otro, colinos latentes tipo aguja. Luego de un mes en vivero, se encontraron diferencias significativas, especialmente en el porcentaje de germinación a favor del colino inducido mecánicamente según Técnica Corpoica, 94% contra 80% del colino tipo aguja, lo mismo que para el número, peso de raíces y ambientes. Teniendo en cuenta los aspectos de sanidad, calidad y costos de la semilla de plátano, se recomienda el uso de colinos inducidos mecánicamente de plantas élite, con peso promedio de 300 gramos, estableciendo los semilleros en el mismo sitio del cultivo, cubriendo la semilla durante los primeros 15 días, con hojarasca de plátano, sin construcción de umbráculos.

Palabras claves: **Semilla, plátano**

ABSTRACT

The response of two vegetative seeds of D. Hartón plantain were evaluated in nursery conditions under various environments with and without shelter with an average weight of 300 g. One type of seed was mechanically induced seedlings by a Corpoica Technique, of previously selected plants and other in needle type of latent seedlings. After a month in the nursery it was found significant differences, specially in the germination percentage of the mechanically induced seedlings by the Corpoica Technique 94% versus 80% of the needle type, the same was true for the number, weights of roots and environments considering the sanitation, quality and costs of plantain seed, it is recommended the use of mechanically induced seedlings of elite plants, with average weight of 300 g, establishing the nursery in the same site of the plantain crop, covering the seed during the first fifteen days, with litter of plantain without shady constructions.

Key Words: **Seeds, plantain**

INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta el déficit, la gran demanda que ha suscitado por la semilla convencional de plátano, el riesgo de su movilización, y los problemas sanitarios como el Moko y Picudo Negro en el Eje Cafetero y otras regiones del país, Corpoica ha venido en los últimos años validando y ajustando la oferta tecnológica existente en la producción y manejo de la semilla de plátano; obteniendo de manera adicional un mejoramiento en la calidad de la producción y una disminución en los costos de este insumo.

Como antecedentes se ha demostrado que colinos tipo aguja con peso y tamaño, entre 0.25 cm y 0.6 kg de peso, pueden ser utilizados como semilla, ya que no se afectan los parámetros vegeta-

tivos ni el potencial productivo, los cuales dependen más de factores genéticos, sanidad de la semilla y básicamente del manejo del cultivo (Herrera et al, 1990; Belalcázar et al, 1991).

Hernández et al 1995 y Ramírez 1993, conociendo la potencialidad de usar semillas de menor tamaño, utilizaron rebrotes latentes tipo aguja con tamaños desde 11.5 cm de altura y peso de rizo-ma entre 150 a 400 gramos, sembrados en bolsas en almácigos contruidos a libre exposición y bajo umbráculo, obteniendo en poco tiempo plántulas de buen desarrollo y vigor, con un comportamiento uniforme y excelente rendimiento. Como desventaja, en el tiempo que se emplea en el campo en la búsqueda de la semilla en el campo y el cuidado en su extracción.

En los últimos años se dio otro avance impor-

* H. Aricapa, O. Bustamante. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Apartado Aéreo 1287, Manizales, Caldas, Colombia. Tel: (968) 876197; Fax (968) 876204; E-mail: corpoica@epm.net.co

tante, cuando se demostró que colinos de diferentes pesos o tamaños, desde 100 gramos sembraron y mantuvieron hasta por 10 meses en condiciones de almácigo sin que se afectara el desarrollo vegetativo ni productivo (Arcila, 1996). Más recientemente Grisales 1998, comparando materiales *in vitro* y colinos latentes tipo aguja, de 400 gramos del clon D. Hartón procedentes de semilleros, no encontró diferencias significativas en peso y calidad de los racimos en tres sitios de la Zona Cafetera, corroborando la bondad de los colinos de menor tamaño manejados en condiciones de vivero. Para la producción técnica de semilla de plátano en el campo, diferente al método tradicional que usan los agricultores, se han propuesto varios métodos, resaltando el método de Baker que estimula la producción de colinos, utilizando la técnica de remoción de calcetas y la técnica de Hamilton que consiste en la eliminación de la dominancia apical de la planta madre, después de 6 meses de edad. En ambas técnicas, se debe aportar la planta con tierra y materia orgánica, pudiéndose obtener entre 10 y 15 semillas en el lapso de un año (Belalcázar et al 1990).

La presente investigación, se enfocó en rediseñar la técnica de producción de semilla en el campo para ser utilizada en semilleros, para que al agricultor pueda cosechar semillas inducidas con tamaños entre 200 y 300 gramos, con un tiempo de rebrote (vida) no mayor a dos meses, en sitios (madres) previamente seleccionadas por sanidad, calidad y peso del racimo, así aumentar el número de semillas por sitio. A su vez, evaluar en condiciones de almácigo, el comportamiento del material inducido, con el colino latente tipo aguja de igual tamaño, recomendado por Ramírez 1993, Arcila 1996 y Grisales 2000.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la granja Luker propiedad de la Casa Luker ubicada en la vereda Santágueda municipio de Palestina Caldas a 1.050 m.s.n.m., precipitación 2.000 mm, temperatura 228 °C y humedad relativa de 74%. Se trabajó con plantas (sitios) del clon D. Hartón de más de 4 años de edad, construyendo el almácigo en el mismo sitio de siembra del cultivo. El material de siembra a evaluar en el almácigo, estuvo conformado por dos tipos de semilla que difieren de la forma de obtención así: a) Colino aguja latente de varios

meses de edad con pesos entre 200 y 300 gramos, y b) Colino o rebrote inducido y activo de 30 días de edad con peso igual al anterior. Se utilizaron bolsas plásticas perforados de 25 x 25 cm (calibre 0.8 mm), utilizando como sustrato una mezcla de tierra, cascarilla de café y gallinaza, en proporción de 3:1:1. El diseño experimental para evaluar el comportamiento de los dos tipos de colinos en condiciones de semillero bajo diferentes ambientes, fue completamente al azar con arreglo factorial al 2 x 4, con cuatro repeticiones, tomando las nueve plántulas centrales, de las 25 que conformaron cada parcela, siendo el factor principal el tipo de colinos y los niveles, los ambientes evaluados como se describen a continuación:

- Colino inducido y colino aguja latente colocados a libre exposición todo el tiempo
- Colino inducido y colino aguja latente colocados bajo cobertizo plástico los primeros 15 días y luego a libre exposición.
- Colino inducido y colino aguja latente colocados bajo cobertizo plástico los primeros 15 días y luego bajo sombra regulada (umbráculo).
- Colino inducido y colino latente cubriendo las bolsas con material vegetal los primeros 15 días y luego a libre exposición.

Por otra parte, las plantas permanecieron en el vivero por 3.5 meses donde se evaluaron las siguientes variables: Tiempo de germinación, No. de hojas emitidas cada 15 días, diámetro y altura de las plantas a los 15 días y final del ensayo, Número y peso de raíces, tomando de cada parcela las tres plantas más vigorosas y tres plantas más retrasadas relacionando los factores, niveles y descripción de los seis tratamientos. Los registros se sometieron al análisis de varianza (SAS) y Prueba de Tukey al 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Técnica para obtener el rebrote inducido en plátano: Utilizando los conceptos para la producción de semilla convencional, según técnica de Hamilton y Baker (Belalcázar et al 1990) y aprovechando los desarrollos metodológicos que se han venido dando para el manejo de la semilla *in vitro* y colinos aguja de menor tamaño, sembrados en vivero y la potencialidad de producción de yemas que tiene tanto la planta madre como cualquier colino desarrollado y que nunca son aprovechados, se ajustó la técnica de producción masiva de

colinos, que se ha denominado “Técnica Corpoica” para obtención de rebrotes inducidos y su manejo. La técnica consiste básicamente en desarrollar los siguientes pasos:

- Seleccionar plantas madres sanas, vigorosas, con racimos grandes y bien formados .
- Cosechado el racimo de la planta madre, realizar el destronque en forma inmediata, efectuando un corte pulido y en bisel en la parte superior del rizoma.
- La colinería acompañante debe recibir el mismo trato, realizando cortes a nivel superior del rizoma asegurándose de la eliminación del meristemo apical. Se recomienda dejar un colino para dar continuidad al sitio de producción.
- Se procede luego a cubrir los rizomas de la planta madre y sus colinos con una mezcla de tierra y materia orgánica para estimular las yemas latentes, requiriendo buena luz y calor.
- Luego de 30 días, iniciar la recolección de los colinos inducidos que luego de preparados quedan con un peso promedio de 300 gramos. La recolección debe ser realizada con una he-

rramienta ajustada, de manera que no lesione los otros colinos en proceso de desarrollo.

- Los colinos se deben desinfectar y luego sembrarlos de inmediato en bolsas plásticas de 25 x 25 cm calibre 0.8. Se aconseja utilizar una mezcla de tierra, materia orgánica y cascarilla de café o arroz en proporción 3:1:1, aprovechando para incorporarle productos biológicos, como Micorrizas, Trichoderma o Paecilomyces para el manejo de nemátodos. Se deben construir varios almácigos en el mismo sitio del cultivo, cubriendo las bolsas los primeros 15 días con residuos vegetales.

En la Tabla 1 se presenta el porcentaje de brotación (germinación), altura, de la planta número y pesos de raíces de las semillas de plátano D. Hartón, para cada tratamiento bajo las condiciones de vivero. En cuanto a la germinación o brotación se encontraron diferencias significativas, indicando como el colino inducido, por la Técnica Corpoica, a los 15 días, ya presentaba 93.5% de plantas germinadas bajo todos los ambientes, mientras que el colino latente, tipo aguja, solo

Tabla 1. Porcentaje de brotación, altura en cm, número y peso de raíces de plantas de plátano Dominico Hartón en almácigo.

Tratamientos	% de Brotación 15Días	%Emisión Foliar al mes	Altura Final (cm)	Raíces	
				Número	Peso (g)
Semilla-rebrote					
• Inducida	93,5 a*	90,8 a *	22,6 b	26,6 a	19,1 a
• Aguja	79,6 b	41,3 b	27,7 a	12,0 b	17,8 a
Ambientes					
• L **	98,5 a	91,3 a*	26,9 a	14,1 b	13,2 c
• C + L	74,5 b	54,0 b	22,6 b	21,9 a	20,0 b
• C + U	77,4 b	34,5 c	26,1 a	26,7 a	26,2 a
• CV+L	95,6 a	84,4 a	24,9 ab	14,4 b	14,4 c
Interacciones					
• Inducida CV+L	100,0 a	100,0 a	24,5 bc	18,7 b	14,7 bc
• Inducida en C + L	88,5 ab	97,0 a	20,8 c	31,5 a	19,5 b
• Inducida en C + U	88,5 ab	66,3 b	23,0 c	36,1 a	26,1 a
• Inducida L	97,0 a	100,0 a	22,0 c	20,1 b	16,0 bc
• Aguja a L	100,0 a	82,5 b	29,2 a	95 d	11,7 c
• Aguja en C + L	60,5 c	11,0 c	24,5 bc	12,4 cd	20,5 ab
• Aguja en C + U	66,3 bc	28 c	29,2 a	17,3 bc	26,3 a
• Aguja CV + L	91,5 a	68,8 b	27,9 ab	88 d	12,8 c
C.V. (%)	19,65	20,9	10,73	12,44	22,11

* Tratamientos con letras iguales no difieren significativamente. Tukey 5%

** C= Cobertizo L= Libre exposición U= Umbráculo C.V.= Cobertura Vegetal

había germinado 79.6; resultado explicable, debido a que los colinos inducidos, al momento de recolectarlos ya poseían hojas activas, desarrollo que sin dificultad se continuó en el semillero. Por su parte los colinos tipo aguja, que fueron cosechados en estado latente necesitaron más tiempo en el semillero, llegando a morir algunos de ellos.

Entre los ambientes para brotación, se detalla que se encontraron diferencias significativas a favor de los colinos ubicados a libre exposición con 98.5% y bajo cobertura de hojas (pasto elefante) con 95.6, contra los colinos que estuvieron bajo cobertizo los primeros 15 días independiente del tipo de colino. Sin embargo, en las interacciones se pudo evidenciar una menor actividad vegetativa de los colinos tipo aguja, en los ambientes bajo cobertizo durante los primeros 15 días y luego dejados a libre exposición o bajo umbráculo (C+L y C+U), debido a la latencia manifiesta del material y al efecto de la regulación de luz por el cobertizo.

En cuanto a la emisión foliar evaluada al mes se encontraron también diferencias significativas; al respecto, los colinos inducidos empezaron a emitir en menor tiempo sus primeras hojas, como respuesta a la rápida brotación, con 90.8% de emisión foliar.

Los colinos agujas fueron más tardíos, registrando al mes 41% de brotación de hojas, debido a que ellos empezaron emitiendo pecíolos lentamente; pero a medida que avanzó su desarrollo fueron apareciendo las hojas verdaderas. En los ambientes, cobertizo durante los primeros 15 días y luego a libre exposición o bajo umbráculo (C+L y C+U), se observó, como era de esperar un efecto de la regulación de la luz por el cobertizo, siendo más activos los rebrotes ubicados a libre exposición, o aquellos que estuvieron inicialmente bajo cobertura vegetal, presentando diferencias significativas al nivel de 5%. Sin embargo, a los dos meses de permanencia de las plantas en el almácigo, el porcentaje de plantas fisiológicamente activas, tanto para los dos tipos de colinos como en los diferentes ambientes fue muy alto, superior 95%.

En la misma Tabla 1, se presentan los resultados de altura en centímetros de las plantas, resaltando que las plantas procedentes de colinos tipo aguja, fueron al final más altas 27.7 cm y gruesas, que los procedentes de colinos inducidos con 22.6

cm, presentando diferencias significativas a nivel del 5%, según Tukey. En los ambientes, los colinos que permanecieron a libre exposición, fueron los que mostraron mayor altura, siendo significativamente igual a los que estuvieron bajo cobertura vegetal por 15 días. Sin embargo, al final del ensayo 3.5 meses y observando los resultados de las interacciones, las plantas de los colinos sometidos a cobertizo plástico y luego umbráculo (C+U), llegaron a ser tan altas y gruesas como las de libre exposición y más altas e igual de gruesas que las que fueron tapadas con pasto.

En relación al número y peso de raíces, también se encontraron diferencias significativas, destacando que el número de raíces producidas por las plantas procedentes de colinos inducidos según técnica Corpoica, fue mayor que las producidas por el colino tipo aguja con 26.6 raíces contra 12.0. Sin embargo, en los colinos tipo aguja se pudo visualizar que las raíces fueron más largas compensando el peso. En los ambientes, los colinos que fueron mantenidos bajo cobertizo plástico los primeros 15 días y luego en umbráculo y/o libre exposición (C+U y C+L), fueron los que produjeron un mayor número y peso de raíces, siendo en número de raíces significativamente iguales, pero diferentes en peso, a favor de los colinos que estuvieron inicialmente en cobertizo y luego bajo umbráculo (C+U).

Los resultados indican que existió en efecto del tipo de colinos y los ambientes en todas las variables evaluadas, especialmente en los primeros estados de desarrollo, pero que al final, 3.5 meses, estas diferencias se compensaron. Los resultados también demuestran que es viable el empleo en semillero de cualquier tipo de colino entre 200 a 300 gramos, reduciendo el costo y el riesgo sanitario que conlleva el empleo de la semilla tradicional representada por agujas con pesos superiores a un kg;; colinos que no obstante su tamaño pequeño no comprometen el desarrollo de la planta ni la calidad y peso del racimo, Arcila 1996, Ramírez 1993, Grisales 2000.

Sin embargo entre los dos tipos de colinos, el colino inducido según Técnica Corpoica, genera unas ventajas adicionales sobre la utilización de colinos aguja latentes en el siguiente orden:

- La producción de colinos es superior y más rápida, porque involucra todo el sitio interviniendo tanto el rizoma de la madre cosechada,

como sus colinos desarrollados o acompañantes. Produciendo en un período de 3 meses, un número superior a 30 rebrotes inducidos/sitio.

- La producción y recolección de colinos es superior y más rápida, porque involucra los sitios escogidos previamente, dada la selección de la planta madre por sanidad y peso del racimo, permitiendo la planificación y cosecha programada de las semillas.
- La recolección de los colinos se hace más ágil y fácil (300 colinos/jornal) y se elimina el daño a la planta madre o al colino, que generalmente se realiza cuando se buscan y arrancan colinos aguja latentes de plantas madres en desarrollo y/o floración, como menciona Ramírez 1993.
- La Técnica de colinos inducidos, facilita una ventaja adicional representada en la oportunidad de dejar crecer estos colinos por un tiempo más y luego cosecharlos un poco más grandes, entre 500 a 1.000 gramos, para utilizarlos como semilla convencional, previo raleo y fertilización del sitio.
- Genera la cultura de producción tecnificada de semilla de plátano, abriendo la posibilidad de establecer en cualquier región semilleros certificados, acatando las normas según normas sanitarias del ICA.

En cuanto al detalle de los costos que se incu-

ren para la producción de plántulas mantenidas en vivero en la Tabla 2, se relacionan los rubros básicos. Como se detalla el costo por planta, lista para la siembra en el sitio definitivo, al año 2002, ascendió a \$ 221, equivalente a \$ US 0.10 valor muy inferior al de la semilla.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para producir plántulas de plátano en condición de vivero, para cualquier tipo de colino, no es necesario recurrir a la construcción de umbráculos, sin utilizar coberturas plásticas sino cubrir las bolsas con los colinos durante los primeros 15 días, con material vegetal, como hojas de plátano y dejarlos luego a libre exposición, construyendo el almácigo en el sitio de siembra del cultivo.

En cualquier condición ambiental de vivero, el colino inducido por la Técnica Corpoica ofrece o mayor porcentaje de germinación y más rápida evolución con su desarrollo vegetativo. La técnica de rebrote inducido, permite la obtención de un mayor número de colinos en un menor tiempo (3 meses), procedentes de plantas madres élite seleccionadas por sanidad y rendimiento. La Técnica elimina el daño que se causa a la planta madre o al propio colino, cuando se utiliza colino latente tipo aguja.

Tabla 2. Costos inherentes a la producción de plántulas de plátano en vivero, según la Técnica Corpoica de rebrote inducido, año 2002.

Detalle	Valor Unitario (\$)
Labor de inducción 50 plantas/jornal	24
M. Orgánica (galinaza) 250/bolsa	27
Recolección de colinos inducidos 300 g/jornal	29
Desinfestación colinos	10
Bolsas plásticas 25 x 25 cm	40
Tierra \$ 1000 B.000/bolsas	33
Mezcla y llenado de bolsas 600 bolsas/jornal	22
Tierra \$ 1000 B.000/bolsas	33
Mezcla y llenado de bolsas 600 bolsas/jornal	4
	\$ 222*

Nota: El costo total en \$ US sería de 0.10

La metodología también facilita la producción de semilla convencional para siembra directa en el campo, retardando la cosecha de los colinos, hasta que alcancen pesos entre 500 a 1.000 gramos.

AGRADECIMIENTOS

Se brindan los agradecimientos a la Casa Luker y al personal de Auxiliares de Investigación de Corpoica- Regional Nueve de Manizales.

BIBLIOGRAFÍA

- ARANZAZU H., F.; ARCILA P., M.I. et al. 2000. Manejo Integrado del cultivo de plátano. Manual Técnico Corpoica Regional 9, Manizales. 80 p.
- ARANZAZU H., et al. 1997. Manejo de Rebrotos tipo aguja e inducidos del clon Dominico Hartón (Musa AAB) bajo condiciones de almácigo. *En: Resúmenes VI Congreso de la Sociedad Colombiana de Fitomejoramiento y Producción de Cultivos*. Julio de 1999. Villavicencio 117 p.
- ARCILA, M.I.; VALENCIA, J.A.; BELALCÁZAR C., S. 1996. Efecto del tamaño de la semilla y la época de transplante de plantas mantenidas bajo condiciones de vivero sobre el crecimiento, desarrollo y producción del clon de plátano D. Hartón. *En: tecnología del Eje Cafetero para la siembra y explotación rentable del cultivo de plátano. Tercer informe técnico CORPOICA Regional Nueve. Creced Quindío*. P. 44-51.
- BELALCÁZAR C., S. 1991. El cultivo del plátano en el trópico. Armenia: ICA-COMITECAFE QUINDIO-CIID-INIBAP. 376 p.:il. (Manual de Asistencia Técnica No. 50).
- HERNÁNDEZ, G., Juan C.; GÓMEZ C., José A. y ARCILA P., María I. 1995 Comportamiento agroeconómico de plantas clon Dominico Hartón Musa AAB simmonds, manejadas bajo condiciones de almácigo. p. 41-54. *En: Mejoramiento de la producción del cultivo del plátano. Segundo Informe Técnico*. 1984-1994, Armenia: Produmedios. 256 p.
- HERRERA M., Armando; BELALCÁZAR C., Sylvio; VALENCIA M., Jorge A. y BAENA ARANGO, Hugo. 1990. Evaluación de tamaño de la semilla. p. 39-52. *En: Generación de tecnología para el cultivo y producción rentable del plátano en la zona central cafetera colombiana. Informe Técnico, Armenia ICA-COMITECAFE QUINDIO*. 151 p.
- GRISALES L., Francisco. 1998. Producción de plátano Dominico Hartón según el material de siembra. *Avances Técnicos*. No. 258. Cenicafé. Programa de Investigación Científica. 4 p.
- GRISALES, L. Francisco. 2000. Producción de semilla de plátano en almácigos. *Avances Técnicos* No. 277. Cenicafé Programa de Investigación Científica. 4 p.
- RAMÍREZ B., Rodrigo. 1993. Material vegetal para la siembra de plátano. *En: ASOCIA. Memorias Seminario sobre Reingeniería en el cultivo del plátano*. Manizales.

Efecto de diferentes sustratos sobre el crecimiento de plántulas de dominico-hartón en el Quindío

Effect of different substrates on the growth of young plants of dominico-harton in Quindío

Arcila P., M.I.; Valencia M., J.A.; Morales O., H.

RESUMEN

La obtención de plántulas de plátano de alta calidad y a bajo costo a través de semilleros, es entre otros, uno de los factores de éxito del cultivo en beneficio del productor y la economía regional y nacional. En el Centro Experimental El Agrado, Montenegro, Quindío, se realizó un estudio utilizando cormos de bajo peso (<300 g) del clon Dominico-Hartón y sembrándolos en vivero, en sustratos que contenían una mezcla de tierra + cisco de café + fuentes que variaron, en una proporción 3:1:1, respectivamente. Las fuentes fueron gallinaza, bocashi, cereza de café, lombricompuesto, bovinaza, tierra de hormiguero, purín (biopreparado), cal dolomita y ceniza. Se registró en diez plantas/sustrato, el crecimiento de las plantas y la acumulación de materia seca; se aplicó un diseño completamente al azar y la prueba de comparación de medias de Tukey ($P<0.05$). El crecimiento de las plántulas es afectado positiva o negativamente por el sustrato utilizado; las aplicaciones de cal y ceniza en las dosis utilizadas retrasó el desarrollo de las plantas, contrariamente la bovinaza, el purín, el bocashi, la gallinaza, el lombricompuesto, la ceniza de café y la tierra de hormiguero, favorecieron el desarrollo.

Palabras claves: Vivero, Sustratos, Abonos orgánicos, "Semillas".

ABSTRACT

The obtaining of young plants of plantain of high quality and low costs through nurseries, is among others, one of the factors of success of the cultivation in benefit of the producer and the regional and national economy. In the experimental center "El Agrado", Montenegro, Quindío, study was realized using corms of low weight (<300 g) of Dominico-Hartón clone and sowing them in a nursery, in substrates content a mix of earth + coffee slack + sources that vary in a proportion of 3:1:1, respectively. The sources were poultry litter, bocashi, coffee cherry, "lombricompuesto", "bovinaza", earth of anthill, purim (biopreparation), dolomite lime and ash. The growth of the plants and the accumulation of dry matter were registered in ten plants/substrate; a completely random design was with 10 treatments and five repetitions used and the tukey means comparison ($P<0.05$). The growth of the young plants is positively or negatively affected for the substrate used; the applications of lime and ash in the dosage used retarded the development of the plants, contrary the "bovinaza", purin, bocashi, poultry litter, lombricomposto, coffee cherry and earth of anthill, favored the development.

Index words: Nursery, substrate, organic fertilizer, seeds.

INTRODUCCIÓN

Entre los aspectos de manejo integrado del cultivo del plátano, la calidad de la semilla es uno de los factores más relevantes, el cual, junto a una adecuada asistencia del cultivo son determinantes no solo sobre la producción sino sobre la prevención de problemas fitosanitarios. Recientemente, las siembras de plátano en Colombia, se han venido realizando a partir de cormos de bajo peso (< 300 g) cultivados en viveros, a libre exposición;

dicho sistema de multiplicación y obtención de material de siembra ha beneficiado a los productores y ha evitado la diseminación de enfermedades como el "Moko" (Hernández *et al*, 1995). La recomendación tradicional en el sustrato para el manejo de cormos, ha sido la utilización de una mezcla de tierra, cascarilla de café y gallinaza o pulpa de café en una proporción 3:1:1 (Valencia *et al*, 1999). En las fincas de los productores es frecuente la disponibilidad de compuestos como

* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, apartado aéreo 1807, telefax (576) 7496331, E-mail: corpoarm@epm.net.co Armenia, Quindío, Colombia.

ceniza, cal, cereza de café, estiércol de ganado bovino (bovinaza), materia orgánica descompuesta por lombrices, bocashi (fertilizante), entre otros, que pueden constituirse en alternativas diferentes a la gallinaza para ser usadas en los viveros de plátano (semilleros). La pulpa de café se ha empleado exitosamente en los almácigos de café; el bocashi es un abono compostado en el cual se mezcla melaza, cisco de café, levadura, bovinaza, salvado, tierra y carbón y se está aplicando a diferentes cultivos (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-CIAO, 1999). El CIAO (Centro Internacional de Agricultura Orgánica) desde 1997 ha venido recomendando el uso del purín, el cual es producto de la fermentación de la bovinaza fresca más leche ó yogurt más plantas (ortiga y nacedero). La búsqueda de alternativas que faciliten los procesos de obtención de plántulas de plátano que promuevan su crecimiento y que sean del acceso de los productores, fue lo que motivó el desarrollo de este estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló durante el año 2001, en el Centro de Investigación "El Agrado", localizado en el municipio de Montenegro, departamento del Quindío, a 4° 28' de latitud norte y 75° 49' de longitud oeste, 1310 m.s.n.m., temperatura media anual de 22°C, precipitación anual de aproximadamente 2100 mm y humedad relativa media 80%, condiciones correspondientes al bosque muy hú-

medo subtropical (bmh-ST); el suelo del campo experimental es de textura franco arenoso, pH 6 y 5.7% de materia orgánica. El "semillero" o vivero de plátano se realizó, utilizando cormos de Dominico-Hartón de aproximadamente 300 g de peso, los cuales fueron sembrados en bolsas negras de polipropileno de 25 x 25 cm de 2 kg de capacidad, que contenían 3 partes de tierra + 1 de cascarilla de café + 1 parte de los siguientes compuestos: gallinaza, bocashi, cereza de café, lombricomposto, bovinaza, tierra de hormiguero, cal y ceniza y purín (aplicación líquida al 10%); conformándose 10 tratamientos. A los 45 días después de la siembra, se determinó en cinco plantas provenientes de cada sustrato, la altura y el perímetro del seudotallo; el número de raíces emitidas y la acumulación de materia seca por cada órgano de la planta. Se aplicó un diseño completamente al azar con 10 tratamientos y cinco repeticiones. Los registros se analizaron estadísticamente y se sometieron a la prueba de comparación de medias, Tukey ($P < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la etapa de vivero, los cormos de plátano, usualmente se desarrollan en un sustrato con gallinaza y a los 45 días están listas para ser transplantadas. La Tabla 1 presenta la composición de algunas de las fuentes utilizadas en los sustratos. Cada fuente presentó una variabilidad en su composición mineral, pH y materia orgánica

Tabla 1. Composición química de diferentes sustratos usados en viveros de plátano

Sustrato	pH	M.O.	K	Ca	Mg	Al	Cu	Zn	Mn	P	Fe	B	S
		%	meq/100				ppm						
Gallinaza	7,9	40	25	24,2	11,0	0,0	5	126	152	140	42	****	***
Bocashi	6,8	4,9	3,44	14,3	3,7	0,0	1	15	20	140	102	1,75	325
Cereza de café	8,7	37	85	13,8	6,1	0,0	5	4	46	140	8	****	***
Lombricomp.	6,6	17,2	6,4	22,6	7,1	0,0	44	136	32	140	42	1,75	325
Bovinaza	7,8	37	21	21,6	11,2	0,0	2	64	342	140	22	****	***
Tierra de Hormiguero	5,7	3,6	0,83	5,3	1,2	0,0	1	5	8	15	121	0,25	20
Tierra + cal	5,8	7,1	0,34	7,1	1,1	0,0	2	6	3	48	101	0,50	15
Tierra	7,5	6,3	0,34	20,4	1,7	0,0	1	5	1	43	19	0,25	35
Ceniza	10,1	1,1	274	9,2	1,2	0,0	14	10	5	140	2	3,00	***

(M.O). La tierra utilizada presentó un contenido de M.O. bajo (3,6%), los niveles más altos se encontraron en la gallinaza, la bovinaza, la cereza de café y el lombricompuesto; la mayor alcalinidad la presentaron la ceniza, la cereza de café, la gallinaza, la bovinaza y la tierra más cal. En lo referente a la composición mineral, la tierra de hormiguero, la tierra sola y la tierra más cal fueron los que presentaron menores contenidos de fósforo, en los demás fue elevado (140 ppm); el calcio y el magnesio fue menor en la tierra, la tierra de hormiguero y la ceniza; la bovinaza sobresalió por su contenido de manganeso, la tierra de hormiguero por su alto contenido de hierro, la ceniza por su contenido de boro, el bocashi por el contenido de azufre, hierro y Boro.

El sustrato bajo el cual se desarrollan las plantas puede afectar positiva o negativamente su crecimiento. Al evaluar el crecimiento en altura y perímetro de las plantas desarrolladas bajo los diferentes sustratos, se determinó un buen desarrollo en todos los sustratos, excepto donde se agregó cal, ceniza y donde solo las plantas disponían de tierra. Las raíces emitidas estuvieron en mayor cantidad donde se aplicó tierra de hormiguero, bovinaza y bocashi; contrariamente, en los sustratos con cal y ceniza fue donde se obtuvo el más bajo número de raíces. El número de hojas emitidas fue alrededor de 5,5, excepto en las plantas que

se desarrollaron bajo el efecto de la ceniza (3,2 hojas) (Tabla 2). El desarrollo de las plantas de plátano en vivero a partir de cormos, involucra procesos fisiológicos donde la estimulación de las raíces, ocurre de mejor manera por el contacto con fuentes orgánicas, sustratos a su alrededor que les otorgue humedad, aire y organismos (macro, meso y micro) que hagan disponibles los minerales para el desarrollo integrado de las plantas; el sustrato tierra y cisco ofrecen una base física, permeable y retenedora de humedad para el desarrollo completo de la plántula, más no el máximo que se pudiera obtener.

Al registrar y analizar el peso fresco total de las plantas, se determinó que el mayor crecimiento y desarrollo de órganos se obtuvo con el sustrato bovinaza y el menor crecimiento con cal, ceniza y donde la tierra no tuvo adición de otras fuentes (Tabla 3).

La acumulación de materia seca de las plantas fue mayor donde se aplicó bovinaza, purín y gallinaza; un poco menor con bocashi, lombricompuesto, cereza de café, tierra de hormiguero; baja con tierra sola y supremamente baja donde se adicionó cal y ceniza (Tabla 4). Las respuestas en crecimiento superiores se deben tal vez a los aportes nutricionales y microbianos derivados del suministro de otras fuentes orgánicas que promueven el desarrollo de raíces y por problemas ya conocidos

Tabla 2. Crecimiento de las plántulas de Dominico-Hartón bajo diferentes sustratos

Tratamientos	Altura	Perímetro	Raíces emitidas	Hojas emitidas
	(cm)	(cm)	(No)	(No)
Gallinaza	38,8 a	10 ab	32,8 ab	5,4 a
Bocashi	34,4 ab	10 ab	44,2 a	6,2 a
Cereza de café	36,5 ab	9,3 bc	39,4 ab	5,6 a
Lombricompuesto	35,4 ab	9,5 bc	33,8 ab	5,8 a
Bovinaza	40 a	9,2 bc	44,6 a	6 a
Tierra de Hormiguero	34,4 ab	10,8 a	46,4 a	5,2 a
Purín (biopreparado)	35,4 ab	8,7 cd	38 ab	5,8 a
Tierra sola	28,8 b	10 ab	38 ab	5,4 a
Cal	18,8 c	8 d	33 ab	5,2 a
Ceniza	15,4 c	6,6 e	20,4 b	3,2 b
(C.V.%)	13,3	9,9	25,8	12,9
Prueba de F	**	**	*	**

Valores entre columnas con letras iguales no difieren entre sí, según la prueba de Tukey ($P < 0,05$)

* Prueba de f significancia ($P < 0,05$)

** Prueba de f significancia ($P < 0,01$)

Tabla 3. Peso fresco de los órganos de plántulas de Dominico-Hartón bajo diferentes sustratos

Tratamiento	Raíces (g)	Cormo (g)	Seudotallo (g)	Hoja (g)	Nervadura (g)	Peso planta (g)
Gallinaza	33 ab	229 ab	189 a	59 a	25 a	311 ab
Bocashi	44 a	227 abc	129 abc	47 ab	18 bc	242 bcd
Cereza de café	39 ab	196 bcd	152 ab	48 ab	18 bc	260 bc
Lombricompuesto	34 ab	133 cd	126 abc	43 ab	15 bc	228 cd
Bovinaza	45 a	318 a	197 a	62 a	26 a	342 a
Tierra Hormiguero	46 a	283 ab	137 ab	42 ab	17 bc	238 bcd
Purín	38 ab	320 a	164 ab	51 ab	19 b	279 abc
Tierra sola	38 ab	244 abc	92 bcd	35 bc	11 cd	170 de
Cal	33 ab	82 d	41 d	18 c	6 de	90 f
Ceniza	20 b	140 cd	58 cd	18 c	5 e	99 ef
C.V. (%)	25,9	23,8	28,6	23,2	30,7	24,5
Prueba de F (Tratamientos)	*	**	**	**	**	**

Valores entre columnas con letras iguales no difieren entre sí según la prueba de Tukey ($P<0,05$)

* Prueba de f significancia ($P<0,05$)

** Prueba de f significancia ($P<0,01$)

de fotosíntesis y radiación solar, se expresa un buen comportamiento aéreo de la planta, las cuales inclusive estarían listas para ser transplantadas a los 30 días. Es posible que la poca respuesta en crecimiento de las plantas en sustrato con cal y ceniza, se deba a la alta alcalinidad que inhibe la absor-

ción o a desequilibrios minerales o existe la posibilidad de obtener mejor respuesta con menores dosis de las mismas fuentes.

Todo lo anterior indica que se puede buscar mayor eficiencia en el desarrollo de plantas en vivero, si se utilizan otros sustratos orgánicos, al-

Tabla 4. Peso seco de los órganos de plántulas de Dominico-Hartón bajo diferentes sustratos

Tratamiento	Raíces (g)	Cormo (g)	Seudotallo (g)	Hoja (g)	Nervadura (g)	Peso planta (g)
Gallinaza	4 ab	16,98 bcde	6,82 ab	7,4 ab	1,7 ab	19,9 a
Bocashi	6 ab	14 cdef	4,78 bc	6 bc	1,2 bcd	17,7 bc
Cereza de café	4 ab	11,94 def	5,2 abc	6,24 ab	1,2 bcd	16,3 c
Lombricompuesto	6 ab	13,8 cdef	5,2 abc	5,54 bcd	0,9 d	17,3 bc
Bovinaza	7 a	26,62 a	8,32 a	9,3 a	1,8 a	26,5 a
Tierra Hormiguero	5 ab	21,6 abc	5,94 abc	6,2 abc	1,1 cd	18,2 bc
Purín	6 ab	25,46 ab	7,58 ab	8,14 ab	1,6 abc	23,6 a
Tierra sola	3 ab	19,64 abcd	5,1 abc	5,56 bcd	0,9 d	14,9 c
Cal	3 ab	8,44 f	2,6 c	3 cd	0,3 e	9,0 b
Ceniza	2,5 b	10,38 ef	3,1 c	2,6 d	0,4 e	8,6 d
C.V. (%)	42,5	23,6	29,4	25,1	33,2	25,9
Prueba de F (Tratamientos)	*	**	**	**	**	**

Valores entre columnas con letras iguales no difieren entre sí según la prueba de Tukey ($P<0,05$)

* Prueba de f significancia ($P<0,05$)

** Prueba de f significancia ($P<0,01$)

gunos de los cuales, pueden estar disponibles en las fincas de los productores.

La Tabla 5 presenta algunas observaciones secundarias, registradas en las plantas y en los sustratos a los 45 días después de la siembra. Se pudo notar una mayor presencia de lombrices (macroorganismos) en el sustrato con bocashi, menor en lombricompuesto, bovinaza, tierra de hormiguero, purín y tierra y ninguna en gallinaza, cal y ceniza; igualmente, se pudo observar que no hubo presencia de raíces secundarias en las plantas que crecieron con gallinaza, cal y ceniza. La presencia final de macroorganismos en sustratos, pueden ser un indicador de la activación de la biota del suelo por el uso de algunas fuentes, indicando que estas propician ambientes adecuados a los procesos de estimulación y multiplicación celular

Tabla 5. Presencia de lombrices y raíces secundarias en el sustrato y los cormos, respectivamente a los 45 días después de siembra

Sustratos	Lombrices/ 10 kg tierra	Presencia de raíces secundarias
Gallinaza	0	NO
Bocashi	11	SI
Cereza de café	0	SI
Lombricomposto	5	SI
Bovinaza	6	SI
Tierra de Hormiguero	5	SI
Purín	5	SI
Tierra sola	3	SI
Cal	0	NO
Ceniza	0	NO

de los tejidos de las plantas, entre otros, así como contribuyen a la disponibilidad de nutrientes.

CONCLUSIONES

Las fuentes orgánicas usadas en los “semilleros de plátano”, afectan positiva o negativamente el desarrollo posterior de las plántulas.

Las aplicaciones de fuentes como lombricompuesto, bocashi, purín, cereza de café, gallinaza, elementos presentes en las fincas como bovinaza, tierra de hormiguero.

Adicionar al sustrato, cal ó ceniza, en las dosis empleadas afectó negativamente el desarrollo de las plántulas.

RECONOCIMIENTOS

Los autores del estudio agradecen al Comité de Cafeteros del Quindío y a Corpoica, el apoyo financiero dado para la realización del mismo.

LITERATURA CITADA

- Hernández, J.C; Gómez, J; Arcila, M.I. 1995. Comportamiento agroecológico de plántulas de plátano clon Dominico Hartón Musa AAB SIMMONDS, manejadas bajo condiciones de almácigo. En: S. Belalcázar; O. Jaramillo; J.A. Valencia; M.I. Arcila; H. Mejía; H. García. (eds.), Mejoramiento de la producción del cultivo del plátano. Produmedios. Armenia, Colombia. p. 41-54
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – CIAO. 1999. Principios e Insumos para la producción Agrícola Ecológica. Resolución 00544/95-Minagricultura. Artes Gráficas Tizan Ltda. Bogotá, Colombia 23p.
- Valencia M, J.A; Aranzazu H, F; Arcila P, M.I. 1999. La planta de plátano sus variedades y propagación. En: Modulo II. Capacitación Tecnológica para el Mejoramiento del Agronegocio del Plátano en el Quindío. Convenio Corpoica Regional Nueve-Sena Quindío-Comité de Cafeteros del Quindío. 11p.

Fertilización e incidencia de Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis morelet*) en plátano dominico-hartón (*MUSA AAB*) en Armenia, Colombia

Fertilization and incidence of black sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis morelet*) in dominico hartón plantain (*MUSA AAB*) in Armenia, Colombia

M. M. Bolaños B., F. Aranzazu, L. D. Celis, H. Morales, L.E. Zuluaga

RESUMEN

El estudio se realizó en el departamento del Quindío en la finca Santa María de la Universidad La Gran Colombia, a 1.250 m.s.n.m. en un andisol, en el cual se evaluaron 12 tratamientos de fertilización en un diseño experimental de parcelas subdivididas, donde la parcela principal fue el manejo de Sigatoka. Según el análisis estadístico, la variable peso del racimo presentó diferencias significativas, siendo el mejor tratamiento aquel que incluyó manejo de Sigatoka y fertilización química más orgánica, éste también presentó el menor ciclo vegetativo y mayor perímetro del pseudotallo; con respecto a las hojas funcionales al momento de floración, el mejor tratamiento fue donde se hizo la fertilización química, más orgánica con deshoje y preaviso biológico, realizándose sólo dos aplicaciones de fungicidas durante el primer ciclo. Los resultados ratifican el papel primordial que juega la nutrición de la planta en el manejo de las Sigatokas, lo mismo que el deshoje fitosanitario.

Palabras clave: Plátano, Fertilización, Sigatokas

ABSTRACT

This study was made in the Quindío Department in the farm Santa María which belongs to the University "La Gran Colombia"; at 1.250 m above sea level, in an Andisol, in which 12 fertilization's treatment were evaluated under an experimental design of divide parcels, where the main parcel was the management of sigatoka. According to the statistics analysis, the variable weight of the plantain bunch showed significant statistics differences between treatments, being the best treatment what in which it was included the sigatoka management and chemical and organic fertilization, this one showed shortest cycle vegetative and largest pseudostem perimeter. In relation to the useful leaves at flowering time and plant length, the best treatment was that in which it was the included sigatoka management and chemical and organic fertilization, with falling of leaves and biologic warning, to carry out only two fungicidal applications during the first cycle. The results ratify the primordial role that plant nutrition plays in the management of Sigatokas and falling of leaves.

Words key: Plantain, fertilization, Sigatokas

I

INTRODUCCIÓN

El plátano se cultiva en todo el territorio colombiano, considerándose un cultivo con perspectiva para su exportación. En el país, se cultiva en diferentes áreas agroecológicas desde el nivel del mar hasta los 2.000 m de altura, dentro de un rango de temperatura comprendido entre los 17°C y 35°C. Las cultivariedades de mayor demanda en la alimentación son: el clon Dominico-Hartón y el Hartón, (*Musa AAB* Simmonds). En el Departamento del Quindío, el plátano se ha constituido en un

renglón de gran importancia socioeconómica, desde el punto de vista de seguridad alimentaria y generación de empleo; además, culturalmente se considera un alimento básico en la región, principalmente en la zona rural.

La zona cafetera es la región de Colombia con mayor aptitud y ventajas comparativas para el cultivo de la variedad Dominico Hartón, especialmente por las propiedades del suelo y el clima de la zona, la cual cuenta con apropiada infraestructura vial que permite mercadear el producto en un

* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Apartado Aéreo 1807, Armenia, Quindío, Colombia. Tel: (576) 7496331; Fax: (576) 7496331; E-mail: corpoarm@epm.net.co; mamabb@uolmail.com.co

tiempo relativamente corto hacia los principales centros de consumo de la fruta como: Cali, Bogotá y Medellín.

En la zona es escasa la utilización de análisis de suelos por parte de los productores de plátano, tal circunstancia está señalando el desconocimiento de las necesidades reales de nutrimentos que requiere una platanera, ya que cuando el productor fertiliza sin base en análisis de suelos no está partiendo de la fertilidad potencial que le ofrece el suelo, lo cual afecta negativamente la calidad, cantidad y la rentabilidad del producto. De otro lado, no se puede ignorar el riesgo que se corre cuando se fertiliza sin criterios claros, ya que se crea desbalance nutricional, por exceso o deficiencia de determinados nutrimentos, desencadenando problemas fisiológicos por falta de eficiencia en la fertilización.

Por otra parte, no se le ha prestado la suficiente atención a los aspectos relacionados con los organismos del suelo y su actividad benéfica en cuanto a la mayor eficiencia cuando se aplican fertilizantes. La conservación de la materia orgánica debe contemplarse en forma integrada y por tanto se debe evitar el uso indiscriminado de fertilizantes químicos y entender que el suelo es un conjunto residencial donde los seres vivos coexisten en una sociedad biológica íntimamente interrelacionada (Bolaños, 1998).

En Colombia, no existen trabajos que intenten demostrar la relación y el impacto que ejerce la nutrición balanceada sobre la incidencia de enfermedades como la sigatoka en plátano. El manejo de diferentes fuentes minerales, simples o compuestas ha ignorando la riqueza biológica que posee el suelo y su importancia en la sostenibilidad del mismo, desconociendo además que la parte microbiológica es fundamental en los procesos de mineralización de la materia orgánica y en la aprovechabilidad de las diferentes fuentes minerales aplicadas, entre otros aspectos. Este trabajo tiene como objetivo, evaluar el efecto de la fertilización orgánica, biológica y química sobre el crecimiento, desarrollo y producción y la incidencia de

Sigatoka negra en el cultivo de plátano Dominico-Hartón en Armenia, Quindío, Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo en el Departamento del Quindío, en la Granja Santa María de propiedad de la Universidad La Gran Colombia, ubicada en la vía Armenia, La Tebaida, a 1.250 m.s.n.m, latitud: 4° 26' N, longitud: 75° 52' W, temperatura promedio: 22°C, precipitación promedio anual: 3.101 mm, condiciones correspondientes a un Bosque húmedo premontano (bh-PM) el suelo es derivado de cenizas volcánicas. Las características químicas y la textura del suelo estudiado se encuentran en la Tabla 1.

Como material de siembra se empleó el clon Dominico-Hartón utilizando semilla proveniente de inducción de rebrotes, con peso entre 200-300 g, manejada en almácigos por un tiempo de dos meses; luego se sembró en el sitio definitivo a una distancia de 3,80 m x 2 m, con dos plantas por sitio en cajuelas independientes, que originaron una población de 2.630 plantas/ha. El diseño experimental fue el de parcelas subdivididas, siendo la parcela principal los dos tipos de manejo de las Sigatoka Bloque A: Con deshoje fitosanitario durante todo el ciclo vegetativo y Bloque B: Deshoje fitosanitario durante todo el ciclo vegetativo más aplicación de fungicida a partir de la hoja No. 20, de acuerdo al preaviso biológico; los fungicidas comerciales aplicados fueron Tilt y Benlate. Las subparcelas estuvieron constituidas por seis tratamientos de fertilización, Tabla 2 y tres repeticiones, en total fueron 36 parcelas, cuyo tamaño fue de 24 plantas, seleccionando 10 plantas como parcela útil, en un área total de 5.000 m².

La fertilización se definió con base en el análisis químico de suelos. Las fuentes de fertilizantes químicos aplicados fueron: Urea (46-0-0), DAP (18-46-0), Cloruro de Potasio (0-0-60), Óxido de Magnesio (88 % de MgO), fertilizante completo de fórmula (14 - 4- 23 -3- 4- 2). Como fuente orgánica se utilizó gallinaza y como biofertilizantes se aplicaron los siguientes productos: Bio-Q, Bacthón

Tabla 1. Análisis químico del suelo experimental. Finca: Santa María

Tabla 1. Análisis químico del suelo experimental. Finca: Santa María												
pH	MO	K Ca Mg			P Fe Mn Zn Cu B S						Tx	
	%	Meq/100 g de suelo			(ppm)							
5.4	5.1	0.76	4.9	0.6	19	28	7	3	3	1.5	35	F

(*Azospirillum brasilense*), Micosplag (*Paecilomyces lillacinus*, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*) y Tricho-D (*Trichoderma harzianum*). Las variables evaluadas fueron: Altura de la planta, diámetro del pseudotallo, número de hojas totales al momento de la floración, días de siembra a floración, días de siembra a cosecha y días de floración a cosecha, peso del racimo, número de dedos por racimo.

La incidencia y severidad de las Sigatocas Amarilla y Negra, se evaluó semanalmente y durante el primer ciclo de producción. Las variables registradas fueron la hoja más joven manchada (HMJM) tomando las manchas en estado 5; el total de hojas funcionales (THF) al momento de la

floración y nivel de infección de la hoja número 4 (NIH4), evaluando según el método propuesto por Fages y Jiménez (1995).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 3, se presentan los valores de las variables evaluadas, que de acuerdo con el análisis estadístico presentaron diferencias significativas entre tratamientos.

En lo relacionado con el peso del racimo los mejores tratamientos fueron el 3B y el 6B (Tabla 2); el 3B recibió fertilización química más orgánica y manejo químico de Sigatoka, en el 6B se aplicó fertilización biológica y química con fumigación química. Según Bolaños, 1998, la aplicación de la

Tabla 2. Descripción de los tratamientos

Tratamientos		Nutrimiento	Dosis g/planta/ciclo
1	Sin aplicación de fertilizante (testigo)	Ninguno	0
2	Fertilización química completa, según análisis de suelos	N P ₂ O ₅ K ₂ O Ca MgO B	38 51 242 31 56 191 324 21
3	Fertilización química más orgánica, según análisis de suelos	N P ₂ O ₅ K ₂ O Ca MgO B Materia Orgánica	38 51 242 31 56 191 324 21 7.000
4	Fertilización orgánica con refuerzo biológico	Materia Orgánica Bio-Q Bacthón Micosplag TrichoD	7.000 1 l/ha 2 l/ha 200g/ha 600g/ha
5	Fertilización condonada de la zona	N P ₂ O ₅ K ₂ O	22 09 631 3629
6	Fertilización química según análisis de suelos con refuerzo biológico.	N P ₂ O ₅ K ₂ O Ca MgO B Bio-Q Bacthón Micosplag TrichoD	38 51 242 31 56 191 324 21 1 l/ha 2 l/ha 200g/ha 600g/ha

Tabla 3. Efecto de la fertilización sobre las variables evaluadas

T b.	P.Rac Kg	No. Dólos racimo	Altura M	Perímetro Cm	No. Hojas Emitidas	No. Hojas Funcionales	DSC
1 A*	124	44	3,6	56	40	9	477
2 A	136	45	3,5	60	40	9	458
3 A	150	43	3,5	62	40	9	416
4 A	142	44	3,4	59	40	8	444
5 A	152	47	3,4	62	39	8	418
6 A	142	47	3,6	61	40	9	453
1 B*	142	45	3,6	56	41	11	476
2 B	168	48	3,7	61	40	12	461
3 B	179	47	3,5	63	39	11	415
4 B	156	44	3,4	60	39	11	453
5 B	163	47	3,5	61	38	11	419
6 B	169	45	3,6	60	40	12	453
* A = Con manejo cultural de Sigatoka							
* B = Con manejo cultural más aplicación de fungicidas químicos.							

materia orgánica pudo influir sobre el desarrollo de raíces y mejorar las propiedades físicas del suelo, como la aireación y por lo tanto facilitar la absorción de los nutrientes por la planta.

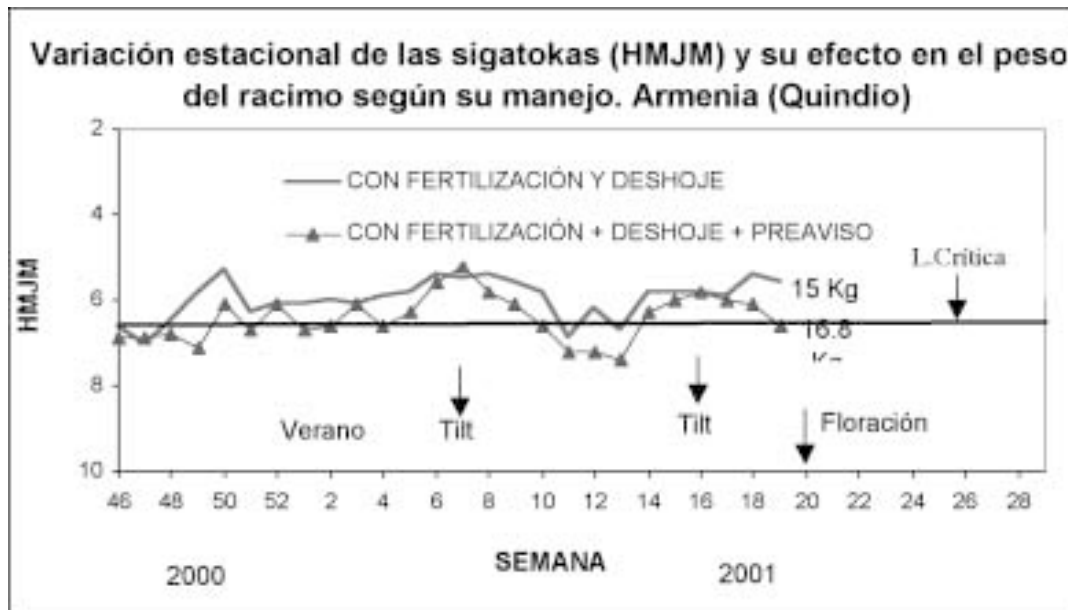
Por su parte, la biofertilización aplicada en el tratamiento 6B pudo mejorar la sanidad del sistema radical del plátano, ya que en la zona es frecuente el ataque de picudo negro (*Cosmopolites Sordidus* Germar), y entre los biofertilizantes aplicados, el micosplag contiene *Beauveria bassiana* que actúa como antagonista del picudo negro; el tratamiento que presentó menor peso del racimo fue el testigo donde no se realizó manejo químico de Sigatoka, ni se aplicó fertilización; estos resultados difieren de los encontrados por Castillo *et al*, 1995, donde no hubo respuesta del plátano a la fertilización, sin embargo, es preciso anotar que el estudio realizado por Castillo, *et al*, 1995, se realizó considerando únicamente la fertilización con macronutrientes (N. P. K).

En la altura de la planta, el tratamiento 2B registró el mayor valor con 3,70 m. En cuanto al perímetro del seudotallo, el mejor fue el 3B y el menor perímetro lo registró el testigo (1A). En hojas funcionales al momento de floración los tratamientos presentaron entre 8 y 12 hojas y según Belalcázar *et al*, 1991, ocho hojas es el número mínimo que debe tener una planta de plátano para producir un racimo de buena calidad. En este ex-

perimento los tratamientos que presentaron mayor número de hojas fueron: el 2B y 6B (12 hojas); este último tratamiento incluyó además de la fertilización química, la adición de biofertilizantes, que pudieron favorecer el desarrollo del cultivo. En lo referente al ciclo vegetativo, días de siembra a cosecha, el mejor tratamiento, con 415 días (13,8 meses) fue el 3B, que incluyó fertilización química y orgánica Tabla 2; la mayor duración que se debe entender como retraso en el ciclo del cultivo, se observó en el tratamiento 1A (testigo sin fertilización) cuyo periodo fue de 15,9 meses.

Haciendo referencia al manejo de Sigatocas, se encontraron diferencias significativas a nivel del 5% para el peso del racimo, en favor del tratamiento o parcela a la cual se le hizo deshoje cada mes y aplicación del fungicida propiconazol (Tilt), mediante preaviso biológico iniciado solo a partir de la hoja No. 20, con un rendimiento de 17 kg por racimo, contra 15 kg del tratamiento o parcela principal, que incluía solo la práctica cultural de deshoje y/o despunte cada mes.

En la Figura 1, se detalla la forma como evolucionaron las Sigatocas, a través del tiempo, tomando como base la hoja más joven manchada (HMJM), en los dos tratamientos de manejo. En dicha gráfica se detalla como la enfermedad pudo ser mantenida por debajo de la línea crítica, que se fijó en la hoja número 6, con solo dos aspersio-



nes de Propiconazol (Tilt), ordenadas según preaviso, para las semanas 7 y 16 del año 2001. Caso contrario sucedió con el tratamiento cultural, donde la enfermedad permaneció en todo momento sobre la línea crítica, afectando el rendimiento, aproximadamente en dos kilogramos por racimo. En términos generales estos resultados demuestran que para una región endémica para las Sigatocas, es viable su manejo aplicando tratamientos bioculturales en forma racional, amigables con el medio ambiente.

CONCLUSIONES

Las plantas que produjeron mayor peso del racimo, fueron las que recibieron fertilización química y orgánica con aplicación de fungicidas para Sigatocas bajo preaviso biológico. De igual forma las plantas en este tratamiento mostraron un mayor perímetro del pseudotallo y el menor período de tiempo desde el momento de siembra hasta la cosecha.

De acuerdo con los resultados de esta investigación, la fertilización completa (orgánica, biológica y química), más el manejo integrado (deshoje fitosanitario y químico bajo preaviso) de la sigatoka, repercute con efectos positivos sobre el

crecimiento, desarrollo y producción del cultivo de plátano y mantiene en niveles tolerables la incidencia y la severidad de las sigatocas.

RECONOCIMIENTOS

A la universidad La Gran Colombia, sede Armenia por el apoyo logístico para el desarrollo de esta investigación y a PRONATTA por la financiación de este estudio.

LITERATURA CITADA

- Belalcázar C., S. 1991. El cultivo del plátano (*Musa AAB Simmonds*) en el trópico. ICA Manual de Asistencia Técnica No. 50. Cali, Colombia. 376 p.
- Bolaños, B. M.M. 1998. El papel del componente biorgánico en la fertilización de los suelos. En: Memorias Seminario Internacional sobre producción de plátano, Armenia (Colombia). Mayo 4-8.
- Castillo, L. E.; Belalcázar C., S.; Valencia M., J. A.; Arcila P., M.I.; Espinosa M. J.; González, A. 1995. Evaluación de niveles de N.P.K. sobre el crecimiento y la producción del cultivo de plátano, Dominico-Hartón (*Musa AAB Simmonds*). En: Mejoramiento de la producción del cultivo de plátano. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Corpoica, Armenia (Colombia). pp. 129-141.
- Fager, O.; Jiménez, F. 1995. Control de la Sigatoka Negra en el cultivo de plátano. Hoja técnica MIP4. Catie-Cirad. Turrialba, Costa Rica. Septiembre. 4p.
- Stover, R.H. 1980. Sigatoka leaf spot of bananas and plantains. Plant Dis. 64: 750 – 755.

Evaluación de cultivares e híbridos de banano y plátano en el trópico húmedo del estado de Pernambuco, Brasil (1er. Ciclo)

Evaluation of banana and plantain cultivars and hybrids in the humid tropic of Pernambuco State, Brazil (1 st. Cycle)

J.F. da Silva Junior¹, R.J.M. de Moura¹, S. de O. e Silva², J. Gouveia³, V.F. dos Santos¹ e A.R. Lopes Junior⁴

RESUMEN

La mayoría de las variedades cultivadas en la Zona de la Mata Húmeda de Pernambuco, Brasil, presentan una serie de características agronómicas indeseables, como porte alto, susceptibilidad a enfermedades y plagas y baja productividad. En este trabajo fueron evaluados y seleccionados cultivares y híbridos prometedores de banano y plátano al primer ciclo, para la incorporación al sistema de producción de la región. El experimento fue llevado a cabo en bloques al azar con cuatro repeticiones y los genotipos testados fueron Caipira, Grande Naine, Nanicao, Nanica, Pacovan, Prata Anã, Thap Maeo, Ambrosia, Calypso, Ouro da Mata, Pioneira, JV 03-15, PV 03-44, FHIA-18, FHIA-21 y SH-3640. De un modo general, el híbrido de la Fhia SH-3640 se destacó de las demás por sus excelentes características agronómicas (porte mediano, buena producción, dedos grandes de sabor semejante al de las bananas del tipo Pome y ausencia de Sigatoka amarilla). Grande Naine y Nanicao presentaron las mejores productividades.

ABSTRACT

The majority varieties cultivated in the Rain Forest region of Pernambuco State, Brazil, presented some undesirable agronomic characteristics, as elevated height, susceptibility to diseases and pests, and low yield. In this work promising banana and plantain cultivars and hybrids were evaluated and selected for incorporation to the crop system of that region, during the first cycle. This trial was carried out using a randomized block experimental design with four replicates, and 16 genotypes (Caipira, Grande Naine, Nanicao, Nanica, Pacovan, Prata Anã, Thap Maeo, Ambrosia, Calypso, Ouro da Mata, Pioneira, JV 03-15, PV 03-44, FHIA-18, FHIA-21 and SH-3640) were tested. In general, SH-3640 Fhia hybrid showed excellent agronomic characteristics (medium height, good production, big fruits with similar taste to the Pome type bananas, and yellow Sigatoka absence). Grande Naine and Nanicao cultivars showed the best yield.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del banano y plátano en Brasil se encuentra difundido por todo el territorio, contribuyendo para que el país ocupe la posición del tercer mayor productor mundial, con 5,7 millones de toneladas, conforme datos de la FAO (2001). El Estado de Pernambuco es el sexto productor brasileño, con 36,9 millones de racimos cosechos en una área de 32.587 ha (IBGE, 2000) y esa producción está concentrada, en su mayoría, en la Zona

de la Mata, el Agreste y el Valle del Río São Francisco. Las cultivares Prata y Pacovan (*Musa* AAB, subgrupo Pome) son responsables por casi la totalidad de las plantaciones y de los frutos comercializados (el 99%) en esas regiones, sin embargo se presentan una serie de características agronómicas indeseables en plantaciones comerciales, como porte alto, susceptibilidad a las principales enfermedades y plagas y baja productividad, cuando comparadas, por ejemplo, a las del subgrupo Ca-

1. Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária – IPA, C. P. 1022, CEP 50761-000, Recife, PE, Brasil. Tel: (55 81) 3445-2200; Fax: (55 81) 3227-3903; E-mail: josuef@ipa.br;
2. *Embrapa Mandioca e Fruticultura*, C. P. 007, CEP 44380-000, Cruz das Almas, BA, Brasil. Tel: (55 75) 621-8000; E-mail: ssilva@cnpmf.embrapa.br;
3. Secretaria de Agricultura de Primavera, Rua Cap. Lima Ribeiro, CEP 55510-000, Primavera, PE, Brasil. E-mail: janmac@elogica.com.br;
4. Académico del curso de Ingeniería Agronómica de la Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE/ IPA, Recife, PE, Brasil.

vendish ('Grande Naine' y 'Nanicão').

Con el advenimiento de la Sigatoka negra, que es la más devastadora de las enfermedades que afectan actualmente la cultura de la banana, y la diseminación del mal de Panamá', Sigatoka amarilla y nematodos, los varios segmentos de la cadena productiva de la banana en Pernambuco, desde hace muchos años, vienen señalizando para la necesidad de substituir las cultivares en uso por otras con cualidades agronómicas superiores. Esos nuevos materiales podrán reducir sobremedida los gastos con insumos que encarecen bastante el sistema de producción de la banana en la región.

La creación del Programa de Mejoramiento de Banana de la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) hizo con que la investigación para la obtención de nuevas variedades de banana adquiriera un gran empuje, dando origen a híbridos y seleccionando cultivares con elevadas productividad y resistencia a las principales plagas y enfermedades (Shepherd *et al.*, 1987; Shepherd *et al.*, 1992). Con el surgimiento de los primeros híbridos sintetizados y de nuevas cultivares introducidas, algunos experimentos fueron llevados a cabo en diferentes ecosistemas, visando una evaluación más extensiva de esos materiales, de los cuales fueron seleccionados aquellos con mejores características agronómicas (Ledo *et al.*, 1997; Silva *et al.*, 2000).

El objetivo de este trabajo fue evaluar y seleccionar, al primer ciclo, cultivares y híbridos prometedores de banano y plátano con características agronómicas superiores para la incorporación al sistema de producción de la región de la Mata Húmeda de Pernambuco, Brasil.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento fue conducido en la finca Amorinhas, ubicada en el municipio de Amaraji, en la Zona de la Mata Sur (Mata Húmeda) del Estado de Pernambuco, Brasil, que se constituye en una de las más importantes regiones productoras de banana del Estado. La área está localizada a 8°22'45"S, 35°27'00"W y 180 msnm. El clima es del tipo As' y Ams', caluroso y húmedo (clasificación de Köppen), con pluviosidad y temperatura medias anuales de 2.007mm y 24°C, respectivamente. El suelo es clasificado como Latosol rojo-amarillo distrófico.

El diseño experimental utilizado fue el de blo-

ques al azar, con 16 tratamientos y cuatro replicaciones, siendo evaluado el primer ciclo de la cultura, en parcelas con 20 plantas de cada cultivar propagadas *in vitro*, de las cuales seis fueron consideradas útiles. La distancia de siembra usada fue la de 3,00 x 2,00m. A pesar de la región presentar elevados índices pluviométricos, la mala distribución de las lluvias hizo con que el experimento fuera llevado a cabo bajo riego, utilizándose el sistema de aspersión bajo copa.

Los genotipos evaluados (Tabla 1) fueron híbridos tetraploides generados por los programas de mejoramiento brasileño (Embrapa), hondureño (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola - Fhia) y jamaicano (Banana Board); además de cultivares triploides y tetraploides regionales e introducidas de otros países por la Embrapa. Como testigo fue utilizada la cultivar local Pacovan. Fueron evaluados los siguientes parámetros: número de días de la siembra a la cosecha; altura de la planta y circunferencia del pseudotallo en la floración; número de hojas viables en la cosecha; peso del racimo; números de manos y de dedos por racimo; peso y largura del dedo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la evaluación del primer ciclo, se observó que para el número de días de la siembra a la cosecha (Tabla 2), la bananera 'Pioneira' fue la más precoz, con 332 días, aunque no haya diferido significativamente de la 'FHIA-18' (356,2 días), 'Grande Naine' (356,3 días), 'Nanicão' (357,4 días), 'Prata Anã' (366,4 días) y 'JV 03-15' (369,2 días). El mayor período entre la siembra y la cosecha fue registrado en las cultivares Caipira (448, días) y Thap Maeo (419,0 días) y en el híbrido Calypso (416,4 días), mientras tanto estos dos últimos no difirieron de otros seis genotipos ('Ambrosia', 'SH-3640', 'FHIA-21', 'Ouro da Mata', 'PV 03-44' y 'Pacovan'). En el Estado del Amazonas, el ciclo fue reducido en casi un mes para 'Thap Maeo' y en más de dos meses para 'Caipira' (Gasparotto *et al.*, 1999). En la región del Recôncavo Baiano, 'Thap Maeo' mostró comportamiento semejante al del Amazonas, entre tanto 'Caipira' tuvo un ciclo reducido en más de tres meses cuando comparado a este trabajo (Silva *et al.*, 2000). Bajo las condiciones climáticas de North Queensland, Australia, 'Calypso' tuvo su ciclo reducido en un mes y medio, con relación a la Zona de la Mata Sur de

Pernambuco (Daniells & Bryde, 1993). Por lo tanto, el ciclo puede ser considerado una característica muy influenciada por el ambiente, una vez que factores como temperatura y luminosidad pueden afectar el desarrollo de la cultura provocando reducción o aumento del ciclo de la bananera (Alves *et al.*, 1999). De un modo general, se notó que hubo una tendencia de las cultivares Cavendish poseer el ciclo más corto.

Con respecto a la altura de las plantas, 'Pacovan' externó el porte más elevado (3,74m), seguida por los bananos 'Ouro da Mata' (3,38m), 'PV 03-44' (3,36m), 'Thap Maeo' (3,31m), 'FHIA-21' (3,23m) y 'FHIA-18' (2,94m), no habiendo diferencia entre los mismos. El porte elevado ha sido uno de los principales problemas a ser solucionados, una vez que plantas altas dificultan la cosecha y las prácticas culturales y fitosanitarias, sobre todo en área de topografía muy accidentada, como en la Zona de la Mata de Pernambuco. Además de eso, el viento es uno de los factores que más ha causado perjuicios en bananeras de porte alto en el Estado. El híbrido PV 03-44 demostró presentar el mismo comportamiento del genitor 'Pacovan' con relación al porte, a pesar de poseer otras características deseables como ausencia de Sigatoka amarilla y sabor semejante a la 'Pacovan'. Por otro lado, 'Nanica' presentó el menor porte (1,76m), no difiriendo de 'Pioneira' (2,18m), que tampoco difirió de su genitor 'Prata Anã' (2,45m), del híbrido JV 03-25 (2,20m), y de la Grande Naine (2,22m). Otros genotipos, como 'Nanicão' (2,46m), 'Calypso' (2,61m), 'Ambrosia' (2,84m), 'SH-3640' (2,90m) y 'Caipira' (2,91m), presentaron porte mediano-alto (hasta 3,00m).

Con relación a la circunferencia del pseudotallo, se observó que 'Ouro da Mata' presentó el mayor valor (76,30cm), a pesar de no diferir de 'SH-3640', 'Prata Anã', 'Thap Maeo', 'Calypso', 'Ambrosia', 'FHIA-21', 'Nanicão', 'Grande Naine', 'PV 03-44', 'Pacovan' y 'Nanica'. Ese comportamiento se repitió en ensayo semejante conducido en Cruz das Almas, Bahia, en el cual 'Ouro da Mata' fue la cultivar con mayor diámetro después del plátano 'Terra' (Silva *et al.*, 2000). De un modo general, la mayoría de las plantas se mostró robusta, lo que colabora para una mejor sustentación del racimo, evitando así su caída.

Para el número de hojas viables en la cosecha, las mayores cantidades fueron registradas en el

híbrido FHIA-21 (7,7), que no difirió de otros 10 genotipos ('Thap Maeo', 'Caipira', 'Calypso', 'Ambrosia', 'SH-3640', 'Nanicão', 'PV 03-44', 'Grande Naine', 'Ouro da Mata' y 'Nanica'). El menor valor fue obtenido en 'Pacovan' (3,1), que difirió significativamente de 'FHIA-21', bien como de 'Thap Maeo' (7,4). Ese reducido número de hojas en 'Pacovan' fue, probablemente, debido al elevado ataque de Sigatoka amarilla a esa cultivar. Ese mismo comportamiento fue notado en 'Prata Anã', 'Ouro da Mata' y en las cultivares Cavendish. En el Recôncavo Baiano, los mismos genotipos testados mostraron desempeño semejante, a excepción de 'JV 03-15' y 'Prata Anã', que presentaron, respectivamente, 5,08 y 5,46 hojas (Silva *et al.*, 2000).

Con respecto al peso del racimo, dos cultivares _ Grande Naine y Nanicão _ mostraron los mayores valores (31,17 y 26,46 kg/planta, respectivamente), que no difirieron del híbrido de 'Prata Anã' SH-3640, con 25,01kg. Otros genotipos también obtuvieron buen desempeño con relación a la producción: 'Nanica' (23,72kg), 'Calypso' (22,96kg), 'FHIA-21' (22,08kg), 'Ambrosia' (21,74kg), 'Thap Maeo' (17,46kg) y 'Ouro da Mata' (15,94kg), aunque en otras regiones algunos de esos materiales hayan alcanzado producciones más elevadas. En North Queensland, Australia, el híbrido Calypso produjo en el primer ciclo, racimos con peso mediano de 18,8kg (Daniells & Bryde, 1993). En el Estado del Amazonas, 'Thap Maeo' presentó comportamiento idéntico, no solamente con relación al peso del racimo (17,0kg), pero también con el número de manos por racimo (11,0) (Gasparotto *et al.*, 1999). Ya cuando se comparó el desempeño de la cultivar 'Caipira', esos autores encontraron racimos de apenas 8,0kg en el primer ciclo, cuando los resultados de este trabajo apuntaron un promedio de 14,79kg. En Acre, una región de clima tropical caluroso y húmedo, fueron registrados valores inferiores que a los encontrados en este trabajo para 'Pacovan', 'Pioneira', 'Caipira', 'Thap Maeo' y 'JV 03-15' (Ledo *et al.*, 1997). En Espírito Santo, a excepción de 'Thap Maeo', los híbridos PV 03-44, Pioneira y las cultivares Caipira y Ouro da Mata presentaron menores racimos en la planta-madre cuando comparados a los de este trabajo (Gomes & Nóbrega, 2000).

Con relación al número de manos por racimo, la cultivar Thap Maeo registró el mayor valor (11,6),

aunque no haya habido diferencia significativa entre la misma y la 'Pacovan' (10,8), 'Grande Naine' (10,0), 'Nanicão' (9,1), 'Prata Anã' (9,0) y 'Nanica' (8,7). Se observó que el menor número de manos fue detectado en el híbrido 'JV 03-15' (6,6), aunque no haya habido diferencia entre ese y otros 13 genotipos, incluso las cultivares Cavendish y la 'Prata Anã'. Solamente 'Pacovan' y 'Thap Maeo' difirieron significativamente del 'JV03-15'.

Con relación al número de dedos por racimo, la cultivar Thap Maeo también produjo la mayor cantidad (179,1 frutos), no difiriendo mientras tanto de la cultivar Grande Naine (154,8 frutos). La variedad Pacovan, que mostró los mayores valores promedios para número de manos por racimo, presentó mientras tanto, el menor número de dedos (91,6), aunque no haya diferido de otros siete genotipos ('FHIA-18', 'Pioneira', 'JV 03-15', 'PV 03-44', 'Ouro da Mata', 'FHIA-21' y 'Calypso'), incluso de su híbrido PV 03-44 (103,2 frutos).

Se observó que 'SH-3640' produjo los frutos más pesados (190,96g), al lado de otros ocho genotipos, compuestos por todas las variedades Cavendish, los híbridos jamaicanos y el de plátano FHIA-21, a demás de 'Pacovan' y 'Ouro da Mata'. Ese carácter ha sido bastante considerado en las observaciones realizadas, en virtud de la preferencia de los consumidores brasileños por frutos que presenten tamaño similar al de la 'Pacovan'. En los frutos de 'JV 03-15' y de 'Thap Maeo' fueron registrados los menores valores (73,66 y 88,02g, respectivamente), no habiendo, mientras tanto, diferencia significativa entre éstas y 'Prata Anã' (91,79g), 'Caipira' (102,71g), 'FHIA-18' (111,47g), 'Pioneira' (112,87g) y 'PV 03-44' (124,69g). Con respecto a la anchura mediana del fruto, 'Grande Naine' produjo los frutos de mayor tamaño (22,10cm) al lado de 'Nanicão' (21,44cm), 'FHIA-21' (21,42cm), 'SH-3640' (20,83cm), 'Pacovan' (20,73cm), 'Nanica' (20,57cm), 'Calypso' (20,00cm) y 'Ambrosia' (18,25cm), que no difirieron significativamente entre sí.

De un modo general, el híbrido SH-3640, al primer ciclo, se destacó de las demás por sus excelentes características agronómicas (porte mediano, buena producción, frutos grandes de sabor semejante al de las bananas del tipo Pome y ausencia de Sigatoka amarilla). Entre las cultivares Cavendish, destinadas a la exportación y industria, 'Grande Naine' y 'Nanicão' presentaron los mejo-

res desempeños. Es esperado que todos los genotipos todavía puedan mejorar sus "performances" en los ciclos siguientes.

A pesar del primer ciclo no ser un buen parámetro para que se evalúen genotipos de banano, una vez que muchas características sólo se estabilizan al segundo y tercer ciclos (Belalcázar Carvajal, 1991; Soto Ballester, 1992; Alves, 1999), los avances tecnológicos, especialmente los relativos a la densidad de siembra, han implicado, hoy, en considerar el banano una cultura anual (Belalcázar Carvajal, 1991).

LITERATURA CITADA

- Alves, E.J., Oliveira, M. de A., Dantas, J.L.L. y Oliveira, S.L. de. 1999. Exigências climáticas. In: ALVES, E.J. (Org.). A cultura da banana: aspectos técnicos, sócio-econômicos e agroindustriais. 2.ed. Embrapa-SPI, Brasília/ Embrapa-CNPMP, Cruz das Almas, pp. 35-46.
- Belalcázar Carvajal, S.L. 1991. El cultivo del plátano en el trópico. Impresora Feriva, Cali. 376p.
- Daniells, J. y Bryde, N. 1993. Yield and plant characteristics of seven banana hybrids from Jamaica and Honduras in North Queensland. InfoMusa, 2(1):18-20.
- FAO. 2001. Statistical databases - agriculture. Roma. Disponible en <http://www.fao.org>. Consultado al 23 de abril de 2002.
- Gasparotto, L., Coêlho, A.F.S., Pereira, M.C.N., Pereira, J.C.R., Cordeiro, Z.J.M. y Silva, S. de O. e. 1999. Thap Maeo e Caipira: cultivares de bananeira resistentes à sigatoka negra para o Estado do Amazonas. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus. 5p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Comunicado Técnico, 2).
- Gomes, J.A. y Nóbrega, A.C. 2000. Comportamento de cultivares e híbridos de bananeira na região produtora do Estado do Espírito Santo. Revista Brasileira de Fruticultura, 22(1):11-13.
- IBGE. 2000. Levantamento sistemático da produção agrícola. Rio de Janeiro. Disponible en <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Consultado al 16 de agosto de 2001.
- Ledo, A. da S., Silva, S. de O. e y Azevedo, F.F. de. 1997. Avaliação preliminar de genótipos de banana (*Musa* spp.) em Rio Branco - Acre. Revista Brasileira de Fruticultura, 19(1):51-56.
- Shepherd, K. 1987. Banana breeding in Brazil. In: Persley, G.J.; De Langhe, E.A. (eds.). Banana and plantain breeding strategies. ACIAR, Canberra, p. 78-83. (ACIAR Proceedings, 21).
- Shepherd, K., Silva, S. de O. e, Dantas, J.L.L., Cordeiro, Z.J.M. y Soares Filho, W dos S. 1992. Híbridos tetraplóides de bananeiras avaliados no CNPMP. Revista Brasileira de Fruticultura, 14(3):33-39.
- Silva, S. de O. e, Rocha, S.A., Alves, E.J., Di Credico, M. y Passos, A.R. 2000. Caracterização morfológica e avaliação de cultivares e híbridos de bananeira. Revista Brasileira de Fruticultura, 22(2):161-169.
- Soto Ballester, M. 1992. Bananas: cultivo y comercialización. 2.ed. Litografia y Imprensa Lil, San José, Costa Rica. 647p.

Tabla 1. Descripción de los genotipos de banano y plátano evaluados en Amaraji, PE, Brasil, 2000-2001.

Genotipo	Grupo Genómico	Subgrupo	Descripción
Caipira (=Yangambi km 5)	AAA	Iboea	Cultivar de porte mediano a alto, con origen en África Occidental
Grande Naine	AAA	Cavendish	Cultivar de porte mediano a bajo
Nanica	AAA	Cavendish	Cultivar de porte mediano, mutación de 'Nanica', surgida en São Paulo, Brasil
Nanica (=Dwarf Cavendish)	AAA	Cavendish	Cultivar de porte bajo
Pacovan	AAB	Praa (=Pome)	Cultivar de porte alto, mutación de 'Prata', surgida en Ceará, Brasil
Prata Anã	AAB	—	Cultivar de porte mediano a bajo, con frutos del tipo Praa
Thap Maeo	AAB	—	Cultivar de porte mediano a alto, con origen en Tailandia
Ambrosia (64-2596)	AAAA	—	Híbrido del tipo Gros Michel, con origen en Jamaica
Calypso (65-3405-1)	AAAA	—	Híbrido del tipo Gros Michel, con origen en Jamaica
Ouro da Mata	AAAB	—	Híbrido natural de porte alto, posiblemente surgido en Rio de Janeiro, Brasil
Pioneira (FA 12-03)	AAAB	—	Híbrido (Prata Anã x Lidi)
JV 03-15	AAAB	—	Híbrido (Prata Java x Calcuta)
PV 03-44	AAAB	—	Híbrido (Pacovan x Calcuta)
FHIA-18 SH-3480	AAAB	—	Híbrido (Prata Anã x SH-3142)
FHIA-21 SH-3460	AAAB	—	Híbrido (plátano del tipo French AVP-67 x SH-3142)
SH-3640	AAAB	—	Híbrido (Prata Anã x SH-3393)

Tabla 2. Características de desarrollo e rendimiento de cultivares y híbridos de banano y plátano en Amaraji, Zona de la Mata Sur de Pernambuco, Brasil, 2000-2001 (1° ciclo).

Genotipo	N° días de la siembra a la cosecha	Altura de la planta (m)	Circunferencia del pseudotallo (cm)	N° hojas en la cosecha	Peso del racimo (kg)	N° manos/racimo	N° dedos/racimo	Peso del dedo (g)	Largura del dedo (cm)
Grande Naine	356,3 de	2,22 de	69,20 abcd	4,8 abc	31,17 a	10,0 abc	154,8 ab	190,40 a	22,10 a
JV 03-15	369,2 cde	2,20 de	62,24 d	3,4 c	8,63 f	6,6 c	99,4 ef	73,66 e	14,06 ef
Nanica	371,9 cd	1,76 e	67,85 abcd	4,4 abc	23,72 b	8,7 abc	134,3 bcd	164,53 abc	20,57 abc
Calypso	416,4 ab	2,60 cd	71,94 abcd	6,1 abc	22,96 bc	7,3 bc	115,4 def	179,25 ab	20,00 abcd
Nanica	357,4 de	2,46 cd	69,27 abcd	5,1 abc	26,46 ab	9,1 abc	148,1 bc	166,11 abc	21,44 ab
Pioneira	332,0 e	2,18 de	62,98 cd	3,9 bc	12,31 ef	7,3 bc	94,1 f	112,87 cde	15,46 def
Thap Maeo	419,0 ab	3,32 ab	72,85 abc	7,4 ab	17,46 cde	11,6 a	179,1 a	88,02 de	13,43 f
Ambrosia	401,4 bc	2,84 bc	71,87 abcd	5,9 abc	21,74 bcd	8,5 bc	120,6 de	166,66 abc	18,25 abcde
FHIA-18	356,2 de	2,94 abc	64,73 bcd	3,6 c	11,54 ef	6,7 c	94,0 f	111,47 cde	16,48 cdef
FHIA-21	398,2 bc	3,23 ab	71,62 abcd	7,7 a	22,08 bcd	7,5 bc	110,5 def	176,83 ab	21,42 ab
Caipira	448,1 a	2,91 bc	64,63 bcd	6,1 abc	14,79 ef	7,9 bc	132,6 bcd	102,71 de	13,58 ef
PV 03-44	383,9 bcd	3,36 ab	68,97 abcd	4,9 abc	13,92 ef	6,9 c	103,2 ef	124,69 bcde	17,16 bcdef
Pacovan	383,5 bcd	3,47 a	67,99 abcd	3,1 c	13,87 ef	10,8 ab	91,6 f	140,19 abcd	20,73 abc
Prata Anã	366,4 cde	2,45 cd	73,63 ab	3,7 c	12,69 ef	9,0 abc	120,0 de	91,79 de	16,16 cdef
SH-3640	399,1 bc	2,90 bc	75,85 a	5,7 abc	25,01 ab	8,2 bc	124,3 cde	190,96 a	20,83 abc
Ouro da Mata	388,6 bcd	3,38 ab	76,30 a	4,5 abc	15,94 de	7,0 c	104,9 ef	140,57 abcd	16,72 bcdef

Promedios con la misma letra no difieren significativamente según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Efecto del desmane sobre la calidad y la producción del híbrido de plátano FHIA 21

Effect of tear off on the quality and production of the hybrid of plantain FHIA 21

Arcila P., M. I.; Valencia M., J. A.; Belalcázar C., S.; Y Morales O., H.

RESUMEN

El Híbrido FHIA 21 es una gran alternativa en áreas de economía campesina en donde la sigatoka negra ha disminuido significativamente la producción de las variedades tradicionales (Dominico-Hartón y Hartón). En el Centro de Investigación "El Agrado" (1.310 m.s.n.m.) se evaluó el efecto de la época y el desmane de los racimos de plátano FHIA 21 sobre la calidad y la producción; se empleó un diseño de parcelas divididas, en el cual la parcela principal fue el número de manos retenidas en el racimo y la subparcela fue la época de desmane (20, 40 y 60 días después de la floración); al momento de la cosecha del primer ciclo de producción se registró el peso del racimo, el número de frutos/racimo y el peso de los frutos individuales. Bajo las condiciones del estudio, el racimo de FHIA 21 sin desmane tuvo un peso promedio de 25 kg y 122 frutos. El tamaño del fruto es afectado por la época en que se realiza el desmane y el número de manos por racimo, lográndose el mayor tamaño con la realización del desmane a los 20 días después de floración y dejándole de cuatro a seis manos por racimo.

Palabras claves: Postcosecha; Calidad; Producción; Fruto; Diámetro; Híbridos; Plátano; Variedades; Plátano Var. Dominico-Hartón.

ABSTRACT

The hybrid FHIA 21 is a great alternative in areas of peasant economy in which the black sigatoka has diminished significantly the production of traditional varieties (Dominico-Hartón and Hartón). In the research center "El Agrado" (1.310 meters above sea level) it was evaluated the effect of the epoch and the tear off of bunches of plantain FHIA 21 on the quality and production; a split plot design was used, in which the main plot was the number of small stem retained in the bunch and the split was the epoch of tear off (20, 40 and 60 days after flowering); at the time of harvest of the first cycle of production the weight of the bunch was registered, the number of fruits/ burde and the weight of the individual fruits. Under the conditions of the study, the bunch of FHIA 21 without tear off had an average weight of 25 kg and 122 fruits. The size of the fruit is affected by the epoch in wich is realized the tear off and the number of hands by bunch, the longer size of the fruit was attained with the tear off at the 20 days after flowering and leaving four to six small stems per bunch.

Index words: Postharvest, quality, production, fruit, diameter, hybrids, plantain, varieties, Dominico-Hartón plantain.

I

INTRODUCCIÓN

En Colombia las variedades de plátano más cultivadas son el Dominico Hartón, el Hartón y el Dominico. El clon Dominico Hartón que es el de mayor consumo a nivel nacional, es muy susceptible a las sigatokas Amarilla y Negra (*Mycosphaerella musícola* y *Micosphaerella fijiensis*, Morelet, respectivamente); éstas enfermedades causan drásticas reducciones en la producción, lo cual trae problemas tanto a nivel del productor por los costos de manejo, como también al consumidor por el incremento en los costos de adquisición de la fruta. Ante la presencia de la sigatoka negra en la

región cafetera central, es necesario generar alternativas de solución para su manejo y una de ellas está relacionada con la posibilidad de que el productor adopte otras variedades que ofrezcan resistencia a la citada enfermedad; que contribuyan a no deteriorar el ambiente por el uso de agroquímicos y a reducir los costos de producción. Afortunadamente, se cuenta con el plátano híbrido Fhia 21 (AAAB) que no solo resiste la enfermedad sino que es altamente productivo (FHIA, 1994).

Según pruebas realizadas por la FHIA en Honduras, este fruto tiene grandes atributos cuando se le prepara frito en tajaditas y patacones; la cosecha

* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, apartado aéreo 1807, telefax (576) 7496331, E-mail: corpoarm@epm.net.co Armenia, Quindío, Colombia.

se debe realizar antes de la madurez fisiológica, controlando la edad del fruto. En condiciones de Honduras, ésta planta emitió una hoja cada 8 días, al momento de la floración alcanzó una altura de 2.84 m, una circunferencia del pseudotallo de 55 cm, demoró 341 días para emitir la inflorescencia y tuvo un período de llenado de los frutos de 169 días, la producción/ha del primer ciclo fué de 26.1 t, éste material sin desmane produjo racimos de 16.3 kg, con 92 frutos, 7.4 manos y un promedio de peso de los frutos de 169 g. Los frutos de las manos basal y media, registraron una longitud de 19 cm y un calibre de 3.6 cm (FHIA, 1994). La práctica del desbellote y desmane en algunos plátanos comerciales, es realizada con el fin de obtener un incremento en peso del racimo y lograr un mayor tamaño del fruto. En el caso del clon Dominico Hartón, cultivado en la región cafetera central el desbellote es ejecutado por un bajo número de productores (aquellos que venden a mercados especializados). Para el híbrido FHIA 21, se sugiere desmanar a cinco manos, si los frutos son para exportar y hasta siete manos para la elaboración de tajaditas y eliminar la inflorescencia solamente en los cultivos de subsistencia para evitar la formación de semilla en el fruto. Al dejarle al racimo de este híbrido cinco manos, el peso fué de 16 kg con 76 frutos de 212 g de peso promedio y una longitud de 18 y 20 cm de los frutos de las manos apical y basal y 3.42 y 3.87 cm de grosor en la parte media del fruto, respectivamente (FHIA, 1994). Ante esta alternativa y previendo que los plátanos tienen un comportamiento agronómico diferente como respuesta a una interacción genotipo-ambiente, se ha evaluado este clon en diferentes zonas de la región cafetera central, se ha medido el efecto del desmane sobre la calidad y se han realizado observaciones en su comportamiento poscosecha y aceptabilidad con resultados que pueden abrir la posibilidad de hacer de éste un material competitivo en el mercado colombiano.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el centro experimental El Agrado en el corregimiento de Pueblo Tapao (Montenegro, Quindío), ubicado a 1310 m de altura sobre el nivel del mar, con temperatura promedio de 22°C, 76% de humedad relativa y 2000 mm de precipitación media anual; en suelos de textura franco arenosa, de fertilidad media a alta y con 5% de materia or-

gánica se evaluó el efecto de la época y el grado de desmane del racimo de Fhia 21 sobre la calidad de la producción, para ello se sembró este material a 3.5 x 2 m. de distancia entre surcos y plantas, respectivamente, para un total de 1428 plantas/ha; el tamaño de la parcela experimental fué de 30 plantas y 12 en la parcela útil. El estudio se desarrolló bajo un diseño de parcelas divididas con tres replicaciones, la parcela principal estuvo conformada por el número de manos retenidas en el racimo (4, 5, 6, 7, 8 manos y el testigo) y la subparcela consistió en la época de realización de ésta labor (20, 40 y 60 días después de floración). Se registró al momento de la cosecha el número de frutos y peso del racimo. Los datos generados fueron sometidos a análisis de varianza; se realizó la prueba de rango múltiple de Duncan ($P < 0.05$) y se realizó el análisis económico de presupuestos parciales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Bajo las condiciones edafico-ambientales de la estación experimental El Agrado, las plantas del híbrido FHIA 21, al primer ciclo de producción alcanzaron una altura promedio de 3.3 m, un perímetro del seudotallo (medido a 1 m de altura) de 60.3 cm, las plantas florecieron a los 13.2 meses y tuvieron un período de llenado de los frutos de 3.7 meses, para un ciclo total de siembra a cosecha de 17 meses; el comportamiento agronómico del híbrido comparado con el clon Dominico Hartón que es el más cultivado en la región cafetera refleja características similares, con la gran ventaja de que el FHIA 21 es resistente a la sigatoka negra.

A medida que se desmana, se reduce el número de frutos y el peso del racimo en comparación con el testigo, registrándose alrededor de 122 frutos en el racimo sin desmane y aproximadamente el 60 % de los frutos cuando sólo quedan 4 manos en el racimo (Tabla 1). El peso de los racimos de FHIA 21 varió entre 15 y 26 kg, los racimos de Dominico Hartón en condiciones similares registraron pesos entre 14 y 16 kg (primer y segundo ciclo de producción, respectivamente), con 7 a 8 manos y entre 45 a 55 frutos/racimo (Belalcázar *et al.* 1995), siendo superior en términos de producción el híbrido; la época en que se realiza el desmane influye sobre el peso de los racimos, los de mayor peso se obtuvieron cuando se eliminaron las manos a los 20 días después de floración.

La Figura 1, muestra el comportamiento del peso promedio del fruto, el cual fué superior (300 g) cuando se realizó el desmane a los 20 días después de floración, el peso se redujo al realizar el

desmane a los 40 y 60 días. Teniendo en cuenta la clasificación por calidad representada por apariencia y tamaño (peso) del fruto de Dominico Hartón determinada por Pelaez *et al.* (1995) y aplicada a

Tabla 1. Efecto del número de manos por racimo y de la época de desmane sobre la producción del plátano híbrido FHIA 21

Manos retenidas/racimo	Epoca desmane (DDF)***	Frutos/racimo	Peso racimo (kg)
4	20	63 a	19.0 a
	40	64 a	17.0 ab
	60	60 a	15.0 b
5	20	77 b	20.2 a
	40	75 b	17.9 a
	60	79 b	19.8 a
6	20	95 c	23.1a
	40	90 c	19.7 a
	60	95 c	22.1a
7	20	108 d	23.4 a
	40	103 d	22.1 a
	60	104 d	22.1 a
8	20	118 e	23.2 a
	40	117 e	24.0 a
	60	116 e	22.4 a
Testigo		122	24.6
C.V. (%)		7.5	7.8
F (Manos)		**	**
F (Epoca)		*	n.s.
F (Manos x Epoca)		n.s.	n.s.

Valores entre columnas con letras iguales no difieren entre sí según la prueba de Duncan ($P < 0.05$)

* Prueba de F significativa ($P < 0.05$)

** Prueba de F significativa ($P < 0.01$)

n.s. Prueba de F no significativa

*** Días después de floración

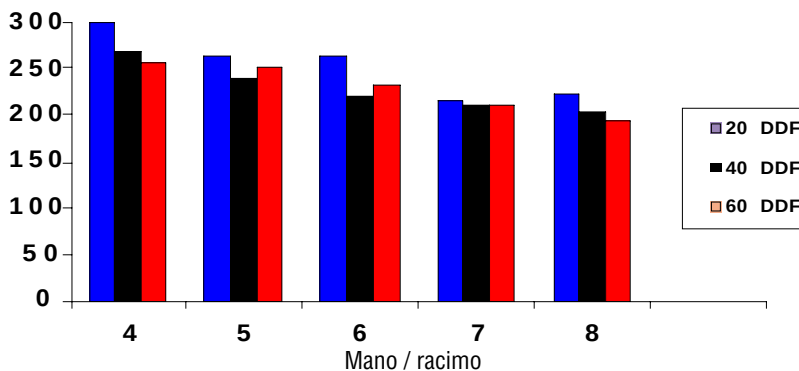


Figura 1. Efecto del número de manos por racimo y la época de desmane sobre el peso del fruto del plátano FHIA 21.

los frutos de FHIA 21, un racimo sin desmane produce frutos que clasifican para una segunda calidad, mientras que el desmane realizado oportunamente produce frutos de primera calidad ya sea para consumo en fresco ó para la agroindustria.

La Tabla 2 (Anexo 1), muestra el análisis económico de los tratamientos de desmane. Teniendo en cuenta las exigencias del mercado, en el cual la calidad del plátano se rige por el tamaño y la apariencia del fruto, cuando se practica el desmane en el FHIA 21, dejándole entre 4 a 6 manos/ racimo se consiguen los mayores beneficios para el productor frente a la no realización de la labor, con la ventaja de que asegura la comercialización del producto.

Es necesario complementar los resultados de ésta investigación con las dimensiones de los frutos, evaluar la aceptabilidad de acuerdo a las características organolépticas de éste híbrido entre los productores y consumidores ; determinar la época óptima de cosecha y la manera mas apropiada de adecuar el producto para comercializar y prolongar la vida útil.

RECONOCIMIENTOS

Los autores del presente estudio agradecen al Comité Departamental de Cafeteros del Quindío

y a Corpoica el haber facilitado el desarrollo del presente estudio.

CONCLUSIONES

En el híbrido FHIA 21, la práctica de desmane, dejándole al racimo de 4 a 6 gajas superiores, incrementa el peso de los frutos

La época más apropiada para realizar el desmane en el híbrido FHIA 21 es a los 20 días después de la floración

LITERATURA CITADA

- FHIA (FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA, HN). 1994. Programa de Banano y Plátano. Informe Técnico. La Lima, Cortés, Honduras. 53p
- Belalcázar C, S; Valencia M, J A; Arcila P, M I; García R, H. 1995. Evaluación de materiales comerciales de plátano y banano, bajo condiciones de la zona cafetera central. En: Mejoramiento de la producción del cultivo del Plátano. Eds. S Belalcázar; O Jaramillo; J A Valencia; M I Arcila; H Mejía; H García. Santafé de Bogotá, Colombia. Produmedios p. 11-39.
- Peláez, M.C.; González, G.S; Díaz, E I; Amaya, A; Giraldo, GA ; Guzmán, M. 1995. Comercialización del plátano Dominico Hartón cultivado en el Departamento del Quindío. En : Tecnología del Eje Cafetero para la siembra y explotación rentable del cultivo del plátano. Ed. Comité Departamental de Cafeteros del Quindío. Armenia, Quindío, Colombia. Fudegraf Ltda. p. 110-125.

Tabla 2. Costo y beneficio de la aplicación de tratamientos de desmane en el plátano híbrido FHIA 21

Manos retenidas por racimo	Epoca de desmane (DDF)*	Costo (\$ / ha)	Beneficio (Miles de pesos/ ha)
4	20	10700	5475
	40	12500	4900**
	60	12500	4300**
5	20	10700	5775
	40	12500	3105**
	60	12500	5775
6	20	10700	3975**
	40	12500	3465**
	60	12500	3795**
	20	10700	3975**
	40	12500	3795**
	60	12500	3795**
8	20	8100	4500
	40	9500	4155**
	60	9500	3795**
Testigo		0	4320

* Días después de floración
 ** Tratamientos dominados

Efecto del desmane sobre la calidad del racimo en platano FHIA 21 (*Musa* AAAB) en los llanos occidentales de Venezuela.

Deshanding effect on bunch quality of plantain FHIA 21 (*Musa* AAAB) on the wester plain area of Venezuela

E. Delgado, O. González, N. Moreno y D. Romero

RESUMEN

En el campo experimental del INIA en Sabaneta, Barinas, Venezuela se realizó un experimento para evaluar el efecto de tres intensidades de remoción de manos sobre las dimensiones del fruto y el peso del racimo en plátanos FHIA 21 (*Musa* AAAB). Las comparaciones fueron realizadas entre racimos con igual número de manos y entre manos con igual posición en el racimo. El peso y el número de frutos por racimo fue afectado por la intensidad del desmane ($P > 0.051$ y $P > 0.0001$). Los mayores valores se alcanzaron en racimos donde no hubo remoción de manos. Las dimensiones (longitud y diámetro) del fruto no fueron afectadas por las intensidades de desmanes, sólo para la cuarta mano se hubo diferencias en relación al peso del fruto ($P > 0.036$) registrándose el mayor valor para el racimo sin remoción de manos. Los resultados obtenidos indican que la remoción de manos no contribuye a mejorar el peso ni la calidad de la fruta remanente.

Palabras clave: desmane, calidad de la fruta, FHIA 21, *Musa* AAAB, plátano.

ABSTRACT

At INIA experimental field at Sabaneta, Barinas, Venezuela an experiment was conducted to evaluate the effect of bunch and three intensities of hands removal on the fruit dimensions and bunch weight of FHIA 21 plantain (*Musa* AAAB). Treatments comparison were made within bunches of equal number of hands and within hands of equal position on the bunch. Weight and number of fruits per bunch was affected by dehanging intensities ($P > 0.051$ and $P > 0.0001$). The largest values were obtained in bunches without dehanging. Fruit dimension (length and diameter) were not affected by dehanging intensities, only on the fourth hands a significant value on weight ($P > 0.036$) was obtained with a largest value on bunches without hands removal. The results obtained indicate that the removal of hands did not improve the weight nor the quality of the remaining fruits.

Key words: dehanging, fruit quality, FHIA 21, *Musa* AAAB, plantain.

I

INTRODUCCIÓN

El cultivo de las Musáceas, mejores conocidas como Plátano (*Musa paradisíaca* L.) y Cambar ó Banano (*Musa sapientum* L.), representan uno de los frutales más importantes para nuestro país, siendo Venezuela uno de los principales exportadores de plátano para Europa, Estados Unidos y las Islas del Caribe con un volumen anual de 18 a 20 millones de kilos (Rodríguez *et al*, 2001).

En Venezuela existen alrededor de 43.500 ha sembradas de plátano Clon Hartón (*Musa* AAB), de

las cuales 4.000 ha corresponden al área de los Llanos Occidentales, con una producción de 10,5 t/ha. Estas plantaciones en su mayoría se caracterizan por ser de productores pequeños y de subsistencia, viejas, con materiales de baja calidad, con bajo nivel tecnológico y con graves problemas fitosanitarios (Navas *et al*, 1998, Delgado y Paiva, 2001).

La enfermedad foliar Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), se hizo presente en los Llanos Occidentales de Venezuela en 1991, cau-

* Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, INIA-Barinas Apartado Postal 178, Barinas, Venezuela. Telf-Fax:(58) 273-5525825; E-mail: eduardojdelgado@cantv.net delgado_ed8@hotmail.com y duqeedu@yahoo.com

sando graves reducciones en la producción de plátanos (Martínez, 1996). El manejo de la Sigatoka negra requiere de control químico, el cual los productores pequeños no están en condiciones de costear, por lo cual se ha recomendado el uso de clones con resistencia a la Sigatoka negra (Delgado *et al*, 2001)

El FHIA 21 es un híbrido tetraploide (*Musa* AAAB) tipo plátano desarrollado por la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA), es resistente a la enfermedad foliar Sigatoka negra y surge como una alternativa al plátano Hartón (*Musa* AAB) altamente susceptible al hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, el cual ha alcanzando rendimientos de 2 a 3 veces al del Hartón en las mismas condiciones y manejado técnicamente puede ser una alternativa para la exportación.

Actualmente existe plantaciones comerciales de esta variedad en Honduras, Nicaragua, Ecuador y Colombia. En Venezuela sólo se han reportado tres parcelas demostrativas una en Ocumare de la Costa manejada por FUSAGRI y dos en Barinas manejadas por el INIA.

Los frutos de la variedad FHIA 21 son de dimensiones (peso, longitud y diámetro) menores a los del clon Hartón. Esta característica es fundamental para la aceptación por parte de los productores y consumidores locales e internacionales. La remoción de manos ó desmane ha sido asociada con el incremento en las dimensiones del fruto del plátano tipo Falso Cuerno y tipo French, los cuales varían de acuerdo a la metodología utilizada para realizar la evaluación (Rodríguez *et al*, 1988; Irizarry *et al*; 1991; Rivera *et al*, 1996; Vargas *et al*, 1999; Vargas, 2000).

En este sentido éste trabajo tuvo por objetivos:

1. Evaluar la influencia de la intensidad de desmane sobre las dimensiones del fruto y sobre el peso del racimo en la variedad FHIA 21.
2. Evaluar la metodología de racimos equivalentes para medir efectos de la intensidad de desmanes sobre calidad del fruto.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se sembró el 03 de Mayo del 2001 en el Campo Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), ubicado en Sabana, Barinas a una altura 165 m.s.n.m y latitud 8°49' y longitud 70° 00', en un suelo clasificado como Typic Ustifluent, el cual presentó una es-

tructura franco limosa (25% arena, 54% arcilla y 21% de limo), pH 6.2, materia orgánica 2.35% y los siguientes contenidos de P 25 ppm, K 192 ppm y Ca 840 ppm.

Las vitroplantas de la variedad FHIA 21 (*Musa* AAAB) fueron obtenidas de la empresa comercial **PROBIOTEC C.A.** listas para ser llevadas al campo con una altura de 15 cm en bolsas de polietileno. Se establecieron a una densidad de 2.000 plantas por hectárea, bajo un arreglo de tresbolillo (3.0 m entre plantas y 2.5 m entre hileras).

Esta zona se caracteriza por poseer una precipitación promedio anual de 1,717.6 mm, con déficit de humedad en los meses de Enero a Abril de 327.8 mm y excesos de Julio a mediados de Noviembre de 596.8 mm y una evapotranspiración (ETP) promedio anual de 1,562.2 mm. La temperatura promedio en la zona de estudio para la máxima 29.9°C, mínima 20.3°C y media 25.1°C. La humedad relativa promedio mensual osciló entre 56 y 76 % con una media de 64%.

El manejo agronómico empleado no incluyó aplicación de productos químicos para el control de *Mycosphaerella fijiensis*, Morelet, se implementó el manejo integral del cultivo con el manejo adecuado del deshije, deshoje, control de malas hierbas con herbicida hasta que la plantación controló esta naturalmente; el material de desecho se pico y se disperso en el suelo para protección de este, controlar la humedad y promover el desarrollo de microorganismos. Se aplicó fertilizante de acuerdo a las necesidades del cultivo previo análisis de suelo con una formula completa 12-12-17/2 (150 gr/planta en instalación), Urea (300 gr/planta, 150 gr/planta en crecimiento y 150 gr/planta en producción) y Cloruro de potasio (300 gr/planta en producción).

Los tratamientos de desmane se realizaron 15 días después de la emisión de la inflorescencia de forma aleatoria, se escogieron 10 plantas por cada tratamiento y fueron identificadas con cintas de colores.

Los tratamientos de desmane fueron:

- 0: racimo de plátano con inflorescencia y manos completas
- 2: eliminación de la inflorescencia y seis manos
- 3: eliminación de inflorescencia y sólo cinco manos
- 4: eliminación de inflorescencia y sólo cuatro manos

En cada racimo se evaluaron las siguientes variables: peso de racimo (kg); número de frutos por racimo; diámetro de la parte media del fruto por cada mano (mm); longitud de pulpa a pulpa (cm) del fruto central de cada mano.

El diseño experimental fue completamente al azar en donde cada racimo constituyó una unidad experimental.

El análisis de los datos se realizó en forma independiente para cada tamaño de racimo, mediante análisis de varianza y análisis de tendencia (Bliss, 1967). La comparación entre tratamientos se realizó entre racimos de igual número de manos y

entre manos de igual posición en el racimo (Vargas *et al*, 1999).

RESULTADOS

El peso ($P=0.051$) y número de frutos por racimo ($P=0.0001$) fueron afectados de manera lineal por los tratamientos de desmanes (Cuadro 1). En ambas variables los valores mayores fueron obtenidos en aquellos racimos en donde no se efectuó eliminación de manos verdaderas.

Con relación al efecto de la intensidad de desmanes sobre la longitud del fruto (Cuadro 2), se puede apreciar que sólo en la cuarta mano ($P=$

Cuadro 1. Peso y numero de frutos (medias $\pm$ error estándar) en racimos de plátano FHIA 21 (Musa AAAB) para tres intensidades de desmane

ID	N	Peso (kg) de racimo	Frutos por racimo
0	10	20.37 $\pm$ 2.54	93.4 $\pm$ 6.87
1	10	18.86 $\pm$ 5.65	84.4 $\pm$ 9.63
2	10	16.42 $\pm$ 1.44	73.20 $\pm$ 6.53
3	10	13.98 $\pm$ 2.86	66.8 $\pm$ 7.59
Pr>F		0.051	0.0001

ID: Intensidad de Desmane (0 = racimo completo; 1 = racimo con seis manos; 2 = racimo con cinco manos; 3 = racimo con cuatro manos)
N: Número de observaciones

Cuadro 2. Longitud (cm, medias $\pm$ error estándar) del fruto central de cada mano de racimos de plátano FHIA 21 (Musa AAAB) para tres intensidades de desmane.

UBI CACIÓN DE SCENDENTE DE LAS MANOS								
ID	N	1	2	3	4	5	6	7
0	10	17.4 $\pm$ 0.89	17.8 $\pm$ 1.3	17 $\pm$ 1	16.6 $\pm$ 0.89	16.2 $\pm$ 0.83	15.4 $\pm$ 1.51	15 $\pm$ 1.22
1	10	16 $\pm$ 2	14.8 $\pm$ 2.94	14.8 $\pm$ 1.09	14.6 $\pm$ 1.51	13.6 $\pm$ 0.54	15.87 $\pm$ 2.86	
2	10	16.4 $\pm$ 1.67	16.8 $\pm$ 1.3	16.4 $\pm$ 0.54	16.4 $\pm$ 1.14	16.8 $\pm$ 2.68		
3	10	18.2 $\pm$ 1.78	15.8 $\pm$ 1.78	16.2 $\pm$ 0.83	16.20 $\pm$ 0.45			
Pr>F		0.183	0.130	0.07	0.036	0.064	0.996	

ID: Intensidad de desmane (0 = racimo completo; 1 = racimo con seis manos; 2 = racimo con cinco manos; 3 = racimo con cuatro manos)
N: Número de observaciones

0.036) hubo diferencias significativas registrándose el mayor valor en los racimos donde no hubo remoción de manos.

En cuanto al afecto de la intensidad de desmanes sobre el diámetro del fruto no se registro diferencias significativas por efecto de los tratamientos (Cuadro 3).

DISCUSIÓN

Los resultados mostraron que existe un efecto de reducción en el peso y número de frutos por racimo por efecto de el incremento de la intensidad del desmane. Se evidenció una ausencia de efecto de las intensidades de desmanes evaluadas sobre las dimensiones del fruto (longitud y diámetro) en el plátano FHIA 21. Sólo se registró un valor significativo ($P=0.036$) para longitud en la cuarta mano, obteniéndose el mayor valor para el racimo donde no hubo remoción de manos. Estos resultados concuerdan con los de Vargas *et al.*(1999) en *Musa* AAB, cv Falso Cuerno, donde el indica que la variación en las dimensiones de los frutos de las manos superiores con respecto a las manos inferiores, es consecuencia de factores genéticos. Sin embargo el desarrollo, independiente de la posición en el racimo, estaría determinado por factores de clima, suelo y manejo; y no por reducciones manuales de su cantidad. En contraposición a los resultados de Riveras *et al.* (1996) en plátano FHIA 21, Rodriguez *et al.*(1988) en *Musa* AAB, cv Falso

Cuerno, ni por Irizarry *et al.* (1991) sobre las dimensiones del fruto. Las diferencias encontradas son producto de diferencias de metodologías aplicada durante el proceso experimental. En este trabajo se utilizó la metodología de equivalencia la cual no fue considerada por Riveras *et al.*(1996), ni por Rodriguez *et al.*(1988) en *Musa* AAB, cv Falso Cuerno, ni por Irizarry *et al.* (1991). Estos autores no fijaron el número de manos de los racimos evaluados no constataron el efecto de este factor en análisis estadísticos. Asimismo, compararon los tratamientos midiendo las dimensiones del fruto en manos de posición diferente en el racimo (manos no equivalente). En consecuencia, dicha metodología no estimo objetivamente las diferencias entre tratamientos. Esto fue plenamente comprobado por Vargas *et al.*(2000) cuando evaluó ambas metodologías y se concluyó que el método de racimos equivalentes es el más adecuado para evaluar el efecto de intensidades de desmanes.

CONCLUSIONES

En el Campo Experimental del INIA en Sabaneta, Barinas (Venezuela) se instaló un ensayo con la variedad FHIA 21 (AAAB) proveniente de cultivo *in vitro* para evaluar el efecto de la intensidad de desmanes sobre la producción y calidad (longitud y diámetro) del fruto. Para la evaluación del efecto se utilizó la metodología de racimos equivalentes y manos en la misma posición. Los resultados

Cuadro 3. Diámetro (mm, medias $\pm$ error estandar) del fruto central de cada mano de racimos de platano FHIA 21 (*Musa* AAAB) para tres intensidades de desmane

UBICACIÓN DESCENDENTE DE LAS MANOS								
ID	N	1	2	3	4	5	6	7
0	10	36 $\pm$ 2.91	36.6 $\pm$ 3.13	35.8 $\pm$ 2.49	34 $\pm$ 2.91	33.8 $\pm$ 2.94	35 $\pm$ 2.12	32.2 $\pm$ 2.86
1	10	36.2 $\pm$ 8.1	34.8 $\pm$ 6.37	36.8 $\pm$ 7.32	35 $\pm$ 7.07	34.6 $\pm$ 7.19	35.6 $\pm$ 7.7	
2	10	36.8 $\pm$ 4.60	36.8 $\pm$ 4.6	36.8 $\pm$ 4.6	36.6 $\pm$ 4.77	36.8 $\pm$ 4.6		
3	10	35.8 $\pm$ 4.26	36.6 $\pm$ 4.44	32.2 $\pm$ 2.16	31.80 $\pm$ 1.64	40		
Pr>F		0.992	0.900	0.373	0.435	0.643	0.999	
ID: Intensidad de desmane (0 = racimo completo; 1 = racimo con seis manos; 2 = racimo con cinco manos; 3 = racimo con cuatro manos) N: Número de observaciones								

mostraron que a medida que la intensidad del desmane incrementa existe una reducción en el peso y número de frutos del racimo. No se observó mejora en la calidad (longitud y diámetro) por efecto de la intensidad del desmane en plátano FHIA 21 utilizando la metodología de racimos equivalente.

RECOMENDACIONES

El plátano FHIA 21 es propenso a caerse debido al número de manos y fruto que es capaz de producir; por lo cual se recomienda que las plantas sean apuntaladas para evitar su caída por efecto del peso del racimo. En este sentido la labor de desmane contribuiría a reducir la presión del peso sobre la planta y a reducir la labor de apuntalamiento y pérdidas por caída de plantas.

RECONOCIMIENTOS

Al asistente de investigación Roger Gutiérrez y a la señora Emma Rondón por la transcripción de los datos de campo y los productores por su apoyo.

LITERATURA CITADA

Bliss, C. 1967. Statistics in biology. Volumen one. McGraw-Hill. NY: 558p.

- Delgado, E; Paiva, R.2001. Estudio del efecto de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet) sobre la sostenibilidad de la producción de musáceas en Barinas, Venezuela. Rev. Fac. Agron. (LUZ) 18: 277-289.
- Irizarry, H; Rivera, E; Krikorian, A.; Rodríguez, J. 1991. Proper bunch management of the French-type superplantain (*Musa acuminata* x *M. balbisiana*, AAB) in Puerto Rico. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico (PRI) 75(2):163-171
- Martínez, G; Pargas, R; Manzanilla, E; Mu, D.1998. Report on black Sigatoka status in Venezuela in 1997. INFOMUSA 7(1): 31-32.
- Navas, C.1997. El plátano. Su cultivo en Venezuela. Ediciones Astro Data S.A. Maracaibo, Venezuela. 136p.
- Navas, C; Villareal, E; Villalobos, R.1998. Comportamiento de plántulas del clon de plátano Harton (*Musa* AAB) en el Sur del Lago de Maracaibo. Rev. Fac. Agron. (LUZ) 15: 1-10.
- Rivera, J; Deras, J.; Rosales, F.; Rowe, F. 1996. Efecto del uso de vito-plantas y dos regímenes de desmane sobre el comportamiento del plátano híbrido FHIA-21 (AAB) bajo condiciones de manejo agronómico intensivo. En: XII Reunión ACORBAT. Santo Domingo, República Dominicana.
- Rodríguez, M; Rodríguez, S. 2001. Aspectos socioeconómicos del cultivo del plátano en Colombia: INFOMUSA 10(1): 4-9.
- Vargas, A; Sandoval, J.; Blanco, F. 1999. Efecto del desmane sobre la calidad del racimo en plátano cv. 'Falso Cuerno' (*Musa* AAB) enano y semigigante. CORBANA 25(52): 129-142.
- Vargas, C. 2000. Consideraciones metodológicas para la evaluación del desmane en banano (*Musa* AAA, cv. 'Valery'). INFOMUSA (FRA), 9 (2):19-21

Cambios físicos y químicos durante la maduración del plátano dominico-hartón (*Musa AAB* Simmonds) en la región cafetera central colombiana

Physical and chemical changes during ripening of the dominico-harton plantain fruit (*Musa AAB* Simmonds) in the colombian coffee zone

Arcila P., M.i.¹, Giraldo G., G.², Celis, F.e.³; Duarte, J.³

RESUMEN

La variedad Dominico-Hartón es la más cultivada en la región Cafetera Central Colombiana. En tres localidades de esta zona, fueron evaluadas la composición física y química de los frutos en diferentes estados de maduración. Para ello, durante 12 meses se cosecharon cinco racimos en su estado de madurez fisiológica (16 a 18 semanas). Se determinó el peso, tamaño, la distribución de materia seca, la acidez, el pH, los sólidos solubles totales y los carbohidratos en el fruto central de la mano uno de cada racimo. Los frutos de mayor tamaño, crecieron en las localidades La Luker y El Agrado a 1050 m y 1320 m.s.n.m., respectivamente. Durante la maduración se registraron pérdidas de peso en el fruto entre 10 a 20%; el contenido de carbohidratos disminuyó de 76 a 60%; los niveles de azúcares se incrementaron durante la maduración de 4 a 38% (frutos muy maduros); igualmente, se aumentó la concentración de ácido málico en la pulpa. Estos resultados son de mucha importancia en la industrialización de plátano en esta región.

Palabras claves: Cosecha y Poscosecha, Maduración, Carbohidratos, Cambios físicos y químicos.

ABSTRACT

At Colombian Central Coffee Zone, the Dominico-Hartón plantain variety is the most cultivated. The physical and chemical changes of the fruit during ripening was evaluated in three locations (La Luker, Caldas; El Agrado, Quindío; El Jazmín, Risaralda). For this five bunches were harvested in its physiological ripeness stage (16 and 18 weeks) during 12 months. Weight, size, dry material distribution, acidity, pH, soluble solids and carbohydrates were determined in the central fingers in fruits in the hand at different stages of ripeness. The heaviest fruits were grown at 1020 and 1320 meters above sea level (La Luker y El Agrado, respectively). Ripening the weight loss of fruit was 10 to 20%, the starch contents decreased, correspondingly from 76% (green fruit plantain) to 60% (very ripe plantain). Total sugar levels increased during ripening from 4 - 38% (very ripe plantain) also increased total acidity of the pulp. These results are of importance in relation to plantain processing for this zone.

Index words: Harvest and Postharvest, Ripening, Starch, Physical and Chemical Composition.

INTRODUCCIÓN

El plátano Dominico-Hartón es la variedad más cultivada en la región Andina Colombiana, tanto para mercado en fresco como procesado. Con la apertura del mercado industrial, la demanda por calidad interna del producto se ha incrementado y el conocimiento de las características internas del fruto en la cosecha y durante su maduración, ha surgido como necesidad para estandarizar la materia prima y definir procesos de trans-

formación, reducir pérdidas, mejorar la calidad de los productos finales y avanzar en la innovación de productos. Los estudios sobre la composición química y física de algunos cultivares de plátano y banano durante la poscosecha en Africa, han mostrado que los carbohidratos se reducen, los azúcares y el ácido málico se aumentan, la relación pulpa/cáscara (P/C) se incrementa, el diámetro y el peso del fruto se reduce (Faulkes *et al*, 1978; Fernández *et al*, 1979; Marriot *et al*, 1981; Vivian y

1. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Apartado aéreo 1807, telefax (576) 7496331, E-mail: corpoarm@epm.net.co Armenia, Quindío, Colombia.
2. Universidad del Quindío, apartado aéreo 360, teléfono (576) 7460100, E-mail: ggiraldo@uniquindio.edu.co. 3 Programa de Química, Universidad del Quindío, Armenia, Quindío, Colombia.

Mendoza, 1990; Firmín, 1991; Offem y Thomas, 1993). Por otra parte, Izonfuo y Omuaru (1988), estudiaron la composición mineral durante la maduración. En Colombia, en el clon Dominico-Hartón, Morales *et al* (1998), evaluaron la composición física y química del fruto de Dominico Hartón durante su llenado en la planta. El objetivo de este estudio fue determinar los cambios físicos y químicos en diferentes estados de maduración del plátano Dominico-Hartón cultivado en la región Cafetera Central en tres ambientes diferentes.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló entre Agosto de 1997 y Diciembre de 1999, en tres localidades (La Luker, Caldas; El Agrado, Quindío; El Jazmín, Risaralda) de la región Cafetera Central, correspondientes a bosque muy húmedo premontano (b m h – PM). Los frutos muestreados provinieron de plantaciones de Dominico-Hartón sembradas a 3.0 x 2.0 m entre surcos y plantas, respectivamente. De cada localidad, durante 12 meses, se cosecharon cinco racimos en el estado de madurez fisiológica (16 y 18 semanas); a cada racimo se le determinó el peso, el número de manos y frutos. Para efectos del muestreo se definió la “madurez fisiológica” como el estado de máxima acumulación de materia seca en el fruto y la “maduración” como el proceso subsiguiente de pérdida progresiva de color de la cáscara, adaptando la escala de Von Loesecke, 1950, citado por Simmonds (1973) para banano Gross Michel, con los siguientes estados de maduración: verde oscuro (V), verde claro (VC), amarillo verde (AV), amarillo intenso (A) y muy amarillo (MA). En cada uno de estos estados, de cada racimo se seleccionaron frutos de la mano uno para determinarles peso, longitud y perímetro, la concentración de sólidos solubles totales y el pH; luego se separó la cáscara de la pulpa, se secaron, pesaron y molieron. A la harina de la pulpa, se le

determinó la **concentración de ácido málico, sólidos solubles totales (SST) y el almidón y los azúcares totales y reductores** (por hidrólisis enzimática, por el método de Antrona y de Nelson, respectivamente), análisis que fueron realizados en el laboratorio del CIAT, Palmira. El contenido de **minerales** se realizó en el laboratorio de suelos de Corpoica, Tibaitatá. Se aplicó el diseño experimental de parcelas sub-subdivididas con cinco repeticiones, en el cual la parcela principal fue la localidad, la subparcela las épocas de muestreo y las sub-subparcela: los estados de maduración. Los datos generados fueron sometidos a análisis de varianza y a pruebas de correlación de Pearson; para la comparación de medias se utilizó la prueba de rango múltiple de Tukey ($P < 0,05$). Adicionalmente, se analizó el suelo y se registraron la temperatura, humedad relativa (H.R.), precipitación y brillo solar en las tres localidades.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características del suelo y el clima de las tres localidades

Los suelos de los lotes experimentales presentaron el contenido mineral indicado en la Tabla 1, son suelos sueltos y de buen drenaje para el desarrollo del cultivo; el pH y la materia orgánica (M.O.) estuvieron en un valor adecuado siendo muy superior esta última en el Jazmín. La relación Ca/Mg es mas alta en El Agrado y la Luker. Los niveles de potasio (K), que es un elemento importante para el desarrollo del cultivo, fueron superiores en La Luker y El Agrado; el B estuvo bajo en las tres localidades y el S y Zn muy altos en El Jazmín.

En relación al clima, entre localidades hay una diferencia altitudinal de aproximadamente 300 m, la precipitación anual fue mayor en El Jazmín (> 2000 mm) y menor en El Agrado y La Luker, la temperatura media fue inversamente proporcional a la

Tabla 1. Composición química del suelo de tres localidades de la región cafetera central

Localidad	pH	M.O. (%)	meq/100g de suelo			(ppm)							Textura
			K	Ca	Mg	P	Fe	Mn	Zn	Cu	S	B	
La Luker	5,3	7,0	0,71	8,6	1,22	17	84	18	5	8	10	0,5	Franco
El Agrado	5,4	6,0	0,64	7,8	1,11	61	54	12	5	1	4	0,3	Franco
El Jazmín	5,6	14,2	0,17	5,8	1,04	40	66	12	16	4	38	0,3	Franco arenosa

altitud y varió en las tres localidades, mientras que las horas de brillo solar al año fueron mayores a menor altitud, con una diferencia entre La Luker y El Agrado de aproximadamente 300 horas y entre éstas dos localidades y El Jazmín alrededor de 250 horas (Tabla 2).

A pesar de que el cinturón altitudinal cafetero ha registrado una nubosidad media a alta con pocas posibilidades de que ocurran períodos continuos de lluvia según Guzmán y Jaramillo (1989), en años recientes se ha presentado un cambio en el régimen hídrico. La precipitación y el brillo solar registrados durante el estudio fueron muy variables, con valores superiores a los ocurridos en años anteriores. Considerando que los requeri-

mientos de lluvia del cultivo del plátano, son de alrededor de 1800 mm de precipitación anual bien distribuida que corresponden a 150 mm/mes Belalcázar *et al.*, (1991), la precipitación que tuvo lugar para el desarrollo del fruto en las diferentes localidades fueron suficientes en La Luker y El Agrado y excesivas en El Jazmín, indicando que el cultivo de plátano en estas localidades no estuvo sujeto a deficiencias de agua. De acuerdo a la distribución mensual de la lluvia que es de tipo bimodal en la región (con dos períodos de mayor y menor precipitación/año) se designaron dos épocas lluviosa y seca, las cuales se correlacionaron con el período de llenado del fruto en la planta (cuatro meses)(Tabla 3).

Tabla 2. Condiciones climáticas de tres localidades de la región cafetera central

Localidad	Municipio	Altitud (m.s.n.m)	Precipitación (mm/año)	Temperatura (°C)	H.R. (%)	Brillo solar (h)
"La Luker"	Palesitna (Caldas)	1020	1912	22,5	75,6	1901
"El Agrado"	Montenegro (Quindío)	1320	1885	21,0	76,4	1622
"El Jazmín"	Santa Rosa (Risaralda)	1600	2394	19,0	77,9	1376

Tabla 3. Precipitación acumulada cuatrimestral (mm) en tres localidades de la región cafetera

Mes	La Luker	El Agrado	El Jazmín
Agosto /97	408,1*	388,8*	481,9*
Septiembre/97	383,5*	401,0*	527,5*
Octubre/97	294,0*	315,8*	538,5*
Noviembre/97	490,3**	599,1*	751,9**
Diciembre/97	478,2**	645,9**	757,5**
Enero/98	440,0*	504,6*	543,9*
Febrero/98	482,3**	527,0*	509,1*
Marzo/98	352,9*	661,5**	432,4*
Abril/98	505,8**	778,0**	634,7*
Mayo/98	436,7*	998,7**	900,0**
Junio/98	524,5**	998,7**	913,0**
Julio/98	547,1**	725,2**	1065,6**
Promedio	445,3	629,4	671,9

* Valores inferiores al promedio que corresponden a un período cuatrimestral de menor precipitación (época seca)
** * Valores mayores al promedio que corresponden a un período cuatrimestral de mayor precipitación (época lluviosa)

Cambios físicos

El peso del racimo de las tres localidades, en las dos épocas climáticas varió significativamente, obteniéndose los racimos más pequeños en El Jazmín y los más pesados en El Agrado, con una diferencia en peso mayor a 3 kg. El peso de los frutos fue mayor en La Luker y El Agrado. La longitud externa de los frutos recién cosechados fue significativamente mayor en La Luker y El Agrado que en El Jazmín (Tabla 4). El bajo peso y tamaño de los frutos provenientes de El Jazmín se debe posiblemente a las condiciones de baja temperatura y brillo solar, las cuales parecen influir en la expresión del fruto (Bieto y Talón, 1993; Turner, 1994). A pesar de que los suelos de El Jazmín tienen una composición mineral adecuada para el desarrollo del cultivo de Dominico-Hartón, la calidad interna se vió afectada por la presencia de tejidos pasmados en una gran proporción en todos los frutos, lo cual indica que las condiciones altitudinales y climáticas de dicha localidad no proveen un plátano Dominico-Hartón de buena calidad comercial y organoléptica, restringiendo las zonas óptimas para la producción de este cultivo a altitudes más bajas (1000 a 1400 m. aproximadamente).

Promedios con letras distintas, en cada época y columna, son estadísticamente diferentes según la prueba rango múltiple de Tukey ($P<0,05$)

Mientras que la longitud externa de los frutos no presentó reducciones durante la maduración, la longitud interna y el perímetro se redujeron en aproximadamente 1 cm, lo cual coincide con lo reportado por Wills *et al.*, (1984), Firmín (1991) y Offem y Thomas (1993).

En relación con el peso fresco, la Figura 1, muestra la disminución del peso fresco de los frutos de Dominico-Hartón durante la maduración. Las pérdidas en peso variaron con el clima, la localidad y el estado de maduración ($P<0,05$) y fluctuaron entre el 10 y el 20%. Las pérdidas fueron mayores en los frutos provenientes de la época seca y fueron mayores en el cambio de estado de verde oscuro (V) a verde claro (VC), continuando a una tasa menor hasta el estado muy amarillo. En ambas épocas, los frutos de La Luker fueron los que perdieron más peso.

Maduración y cambios químicos del fruto

Se encontraron variaciones significativas en el tiempo de maduración del fruto, entre localidades, épocas y estados de maduración ($P<0,05$), transcurriendo de 8 a 12 días, para alcanzar el estado amarillo y 15 días para el estado muy amarillo. Los frutos provenientes de El Agrado tanto en el período seco como lluvioso se maduraron en menor

Tabla 4. Rendimiento y calidad del clon Dominico-Hartón proveniente de dos épocas climáticas y tres localidades (Verde oscuro, V; Amarillo intenso A)

Epoca climática	Localidad	Peso del racimo (kg)	Manos/racimo	Frutos/racimo	Peso del fruto (g)	Longitud Externa (cm)	
						V.	A
Seca	Luker	13,4 a	7 a	44 a	300 a	24,8 a	24,1 a
	Agrado	15,7 a	8 a	50 a	310 a	25,0 a	23,9 a
	Jazmín	10,1 b	6 b	37 b	270 b	23,4 b	22,2 a
Lluviosa	Luker	11,5 a	7 a	42 b	270 b	23,9 a	23,6 a
	Agrado	14,3 b	8 a	55 a	250 a	21,9 a	21,7 a
	Jazmín	10,8 a	7 a	44 b	240 a	23,4 a	22,1 a
C.V (%)		23,4	15,3	22,4	20,0	6,79	
F(Localidad, L)		**	*	**	**	**	
F(Epoca, E)		**	**	**	**	**	
F(LxE)		**	**	**	**	**	

* Prueba de F significativa ($P<0,05$)

** Prueba de F significativa ($P<0,01$)

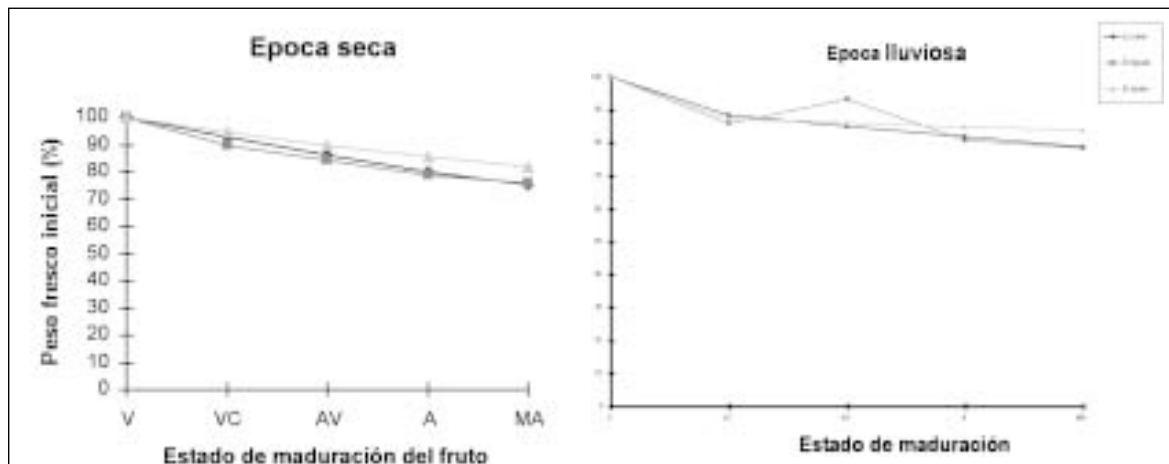


Fig. 1. Pérdidas de peso durante la maduración del fruto de Dominico-Hartón proveniente de tres localidades y dos épocas climáticas

tiempo que los demás. El cambio de estado verde oscuro a verde claro y de amarillo intenso a muy amarillo son los de mayor duración del proceso. El conocimiento de la vida útil del fruto en cada estado de maduración son la base para el desarrollo de proyectos de industrialización y estudios de investigación en conservación del fruto, (Tabla 5).

Una de las maneras de abordar la identificación del estado de madurez es mediante la valoración de ciertas características químicas del producto (pH, acidez, fibra, almidón, sólidos solubles totales (SST), azúcares, entre otros), tales características están relacionadas con el grado de aceptabilidad comercial del producto. A medida que trans-

Tabla 5. Período de maduración, pH, acidez titulable (AT) en la pulpa y contenidos de fibra en la cáscara de frutos de Dominico-Hartón provenientes de dos épocas climáticas y tres localidades (Verde oscuro, V; Amarillo intenso, A; Muy amarillo, MA)

Época Climática	Localidad	Maduración (Días)		pH			Acido málico (%)			Fibra (%)		
		A	MA	V	A	MA	V	A	MA	V	A	MA
Seca	Luker	11,1 a	16,4 a	6,1 a	4,5 a	4,4 a	0,25	1,09	0,95	9,6	9,1	8,8
	Agrado	9,7 a	14,5 a	6,1 a	4,6 a	4,6 a	0,28	1,06	0,95	8,3	7,6	8,3
	Jazmín	10,3 a	15,1 a	5,9 a	4,7 a	4,6 a	0,31	1,16	0,89	8,3	7,8	9,0
Lluviosa	Luker	12,5 a	17,7 a	6,0 a	4,5 a	4,5 a	0,30	1,1	0,97	8,6	9,0	8,6
	Agrado	8,4 b	13,2 b	6,2 a	4,6 a	4,5 a	0,29	1,16	0,78	8,6	9,0	8,9
	Jazmín	10,8 a	15,9 a	5,9 a	4,5 a	4,5 a	0,28	1,08	0,98	7,6	7,0	7,6
C.V (%)		14,77		4,07								
F(Localidad, L)		**		**								
F(Época, E)		**		**								
F(Maduración, M)		**		n.s.								
F(LxEx M)		**		n.s.								

** Prueba de F significativa ($P < 0.01$)

n.s. Prueba de F significativa ($P < 0.01$)

Promedios con letras distintas, en cada época y columna, son estadísticamente diferentes según la prueba rango múltiple de Tukey ($P < 0.05$)

curre la maduración del fruto, el **pH** disminuye, esto concuerda con lo reportado por Cardeñosa (1955). Esta variable no tuvo cambios significativos por efecto del ambiente (Tabla 5).

Ácido málico. El contenido de ácido málico se incrementa durante el proceso de maduración del fruto desde el estado verde oscuro hasta el estado amarillo intenso (A) y desciende en el estado sobremaduro (MA) (Tabla 5). Esto concuerda con lo expresado por Marriot *et al* (1981), Azcon-Bieto y Talon (1996) en plátano y banano. En la época seca, los frutos de La Luker en estado verde oscuro (V) registraron la menor concentración de éste ácido y los de El Jazmín el mayor contenido. El incremento de este ácido ocurre aceleradamente en el cambio de verde claro (VC) a amarillo intenso (A). La concentración de acidez está altamente relacionada con el sabor que toma el fruto durante el proceso de maduración y con los azúcares totales y reductores de la pulpa, $R=0.77442$ ($P<0,01$), indicando que a medida que se incrementa la concentración de ácido málico, se incrementan los azúcares totales. Durante la maduración, los ácidos orgánicos son respirados o convertidos en azúcares; estos pueden ser considerados como una reserva energética mas del fruto, siendo por consiguiente de esperar que su contenido decline en el período de actividad metabólica máxima durante el curso de la maduración Wills *et al* (1984) (Tabla 5). **Fibra:** de las dos estructuras que conforman el fruto de plátano, la cáscara es la que posee mayor cantidad de fibra (alrededor del 10%), la pulpa presenta cantidades muy reducidas (0,2 a 0,5%); no hay una tendencia definida de incremento ó reducción de la fibra durante el proceso de maduración del fruto de Dominico-Hartón, contrariamente, Cardeñosa (1955) reporta que la fibra es mayor en frutos verdes y menor en frutos maduros. Los frutos provenientes de la época seca, de las tres localidades, presentaron el mayor contenido de fibra en estado verde que en amarillo, teniendo el fruto sobremaduro (M.A) cantidades similares al fruto verde. Estos resultados indican que para cualquier proceso industrial que involucre la cáscara de plátano como materia prima por su contenido de fibra se puede utilizar cualquier estado de maduración del fruto (Tabla 5). **Almidón:** en el fruto de plátano Dominico-Hartón, la pulpa contiene mayores cantidades de almidón que la cáscara. Los frutos presentaron altos porcentaje de

almidón tanto en estado verde como amarillo, observándose una disminución gradual del contenido de almidón a medida que el fruto madura, lo cual coincide con lo reportado por Firmín (1991) y Offen y Thomas (1993). De ambos órganos, la degradación del almidón es mayor en la pulpa que en la cáscara. En la época seca, los frutos verdes de las tres localidades presentaron una leve mayor concentración de almidón que los frutos de la época lluviosa. De las tres localidades, la reducción más drástica de almidón (mayor al 50%) ocurrió en la pulpa de frutos en El Agrado, provenientes de la época más seca. Esto indica la complejidad del comportamiento fisiológico de la maduración de los frutos en su interacción con el ambiente, reflejando que la calidad organoléptica se puede afectar por efectos del clima, entre otros factores. Durante el proceso de maduración del fruto, la disminución del almidón en la pulpa fue mas acelerada en el cambio de amarillo verde (AV) a muy amarillo (MA) (Tabla 6)

Con respecto a la degradación del almidón en la cáscara, este se redujo en un 50 % al cambiar del estado verde oscuro (V) al muy amarillo (MA); los contenidos de almidón en la cáscara para un mismo estado de maduración no variaron en las dos épocas climáticas y entre las tres localidades donde se desarrolló el estudio (Tabla 7).

El contenido de almidón tanto en la pulpa como en la cáscara es inversamente proporcional al contenido de azúcares totales y reductores, $R=0,74113$ ($P<0,01$). Firmín (1991), encontró en los frutos verdes de plátano concentraciones de almidón de 77.5%, en frutos maduros de 36% y de 2,1% en muy maduros, lo cual indica que la mayor transformación de almidón a azúcares ocurre hacia los estados finales de maduración de los frutos, siendo explicable que el fruto de plátano de Dominico-Hartón en estado amarillo (A) y MA tenga mayores concentraciones de almidón como producto de factores genéticos o interacción ambiental.

Sólidos solubles totales. El azúcar es el componente mayoritario de los sólidos solubles totales (SST), por lo cual estos son usados como criterio para establecer normas de maduración de algunas frutas y su calidad comestible suele estar mejor correlacionada con los sólidos solubles totales (Wills *et al.* 1977). Se observó que los sólidos solubles en la pulpa se incrementan a medida que avanza la maduración, mostrando diferencias sig-

Tabla 6. Concentración de Almidón, Azúcares Totales y Sólidos Solubles Totales (SST) en la Pulpa de frutos de Dominico-Hartón provenientes de dos épocas climáticas y tres localidades (Verde oscuro, V; Amarillo intenso, A; Muy amarillo, MA)

Época climática	Localidad	Almidón			Azúcares Totales (%)			SST (%)		
		V	A	MA	V	A	MA	V	A	MA
Seca	Luker	77	71	61	3	26	37	7,1 a	24,7 a	29,6 a
	Agrado	78	68	56	3	26	35	6,2 b	27,5 b	32,2 a
	Jazmín	76	70	63	3	28	29	7,9 b	28,1 b	31,9 a
Lluviosa	Luker	74	66	64	4	29	36	6,8 b	24,9 a	30,1 a
	Agrado	75	70	57	6	29	38	6,3 a	26,1 b	30,5 a
	Jazmín	75	66	59	6	32	38	7,1 a	28,6 b	31,2 a
C.V (%)								11,31		
F(Localidad, L)								n.s		
F(Época, E)								**		
F (Maduración, M)								**		
F(LxEx M)								**		

** Prueba de F significativa ($P<0,01$)

n.s. Prueba de F significativa ($P<0,01$)

Promedios con letras distintas, en cada época y columna, son estadísticamente diferentes según la prueba rango múltiple de Tukey ($P<0,05$)

Tabla 7. Concentración de almidón, azúcares totales en la cáscara de frutos de Dominico-Hartón provenientes de dos épocas climáticas y tres localidades (Verde oscuro, V; Amarillo intenso, A; Muy amarillo, MA)

Época climática	Localidad	Almidón			Azúcares Totales (%)		
		V	A	MA	V	A	MA
Seca	Luker	50	35	25	3	12	18
	Agrado	52	35	20	3	13	19
	Jazmín	52	37	26	2	16	23
Lluviosa	Luker	52	38	23	5	13	20
	Agrado	52	42	25	6	16	19
	Jazmín	54	46	33	6	16	20

nificativas entre épocas, localidades y estados de maduración ($P<0,05$). Los frutos verdes y muy amarillos provenientes de El Jazmín, de ambas épocas climáticas presentaron la mayor concentración, mientras que los menores contenidos se encontraron en los frutos en estado verde de El Agrado. La alta concentración relativa de SST en frutos al momento de la cosecha indica que el criterio de cosecha de los racimos en la región que generalmente es visual genera la recolección en un esta-

do algo avanzado de maduración del fruto, siendo posible investigar los procesos de maduración del fruto recolectando el producto en etapas anteriores. En el estado amarillo se presentaron las mayores concentraciones de sólidos solubles; esta variable puede constituirse en un índice de maduración para la selección de muestras en procesos de industrialización de la pulpa de plátano.

Azúcares totales y reductores. La concentración de azúcares totales es muy baja durante el

período de crecimiento de los frutos en la planta debido a que la síntesis de almidón es intensa y progresiva hasta alcanzar el fruto su madurez fisiológica. Durante la maduración el almidón es degradado rápidamente acumulándose azúcares, principalmente glucosa, fructosa y sacarosa (Marriott *et al.* 1981; Hubbard *et al.* 1990), pero este patrón característico del metabolismo de carbohidratos puede ser alterado bajo ciertas condiciones ambientales como la exposición a temperaturas extremas durante la maduración (Linaza, 1976). Cuantitativamente, el cambio más importante asociado a la maduración de frutos es la degradación de los carbohidratos poliméricos; estas transformaciones tiene el doble efecto al alterar tanto el gusto como la textura del producto (Wills *et al.* 1984). La mayoría de los azúcares totales del fruto de plátano Dominico Hartón son azúcares reductores, los cuales están estrechamente correlacionados ($R=0.97794$, $P<0.01$). De los dos órganos que conforman el fruto durante la maduración, la pulpa contiene el doble de azúcares que la cáscara en los estados A y MA. En términos generales se presentó un aumento de la concentración de azúcar a medida que avanza el estado de maduración, lo cual coincide con Marriott *et al.* (1981); Firmín (1991); Offen y Thomas (1993) (Tablas 6 y 7). La pulpa y la cáscara de los frutos en estado verde oscuro (V) provenientes de la época lluviosa en las tres localidades presentaron mayores cantidades de azúcares totales que los de la época seca. Los cambios en los contenidos de azúcares totales en la pulpa de un estado de maduración a otro son muy acelerados, indicando esto que la síntesis de azúcares en este órgano sucede en muy corto tiempo, mientras que en la cáscara la síntesis de azúcares reductores ocurre de manera mas lenta. Los azúcares totales de la pulpa están relacionados con los azúcares totales y reductores de la cáscara, $R=0.95940$ ($P<0,01$).

Minerales. De los elementos analizados (Nitrógeno, N; Fósforo, F; Potasio, K; Calcio, Ca; Magnesio, Mg; Manganese, Mn; Zinc, Zn; Cobre, Cu y Hierro, Fe) todos a excepción del Magnesio y el Cobre se observaron en mayor cantidad en la cáscara que en la pulpa, lo cual la convierte en un producto de deshecho muy importante que podría ser utilizado en la elaboración de productos para consumo humano y animal. En la pulpa se presentó en orden de importancia: Potasio > Nitrógeno >

Fósforo > Magnesio > Calcio > Hierro > Zinc > Cobre > Manganese. Los altos contenidos de Potasio encontrados en este estudio concuerdan con los reportados por Izonfuo y Omuaru (1988), ya que fueron tres veces mayor en la cáscara (3.6%) que en la pulpa (1%). Durante la maduración del fruto, la concentración de la mayoría de los minerales permanece con ligeras variaciones tanto en la pulpa como en la cáscara, contrario a lo reportado por los mismos autores quienes afirman que el potasio aumenta durante la maduración del fruto y el fósforo disminuye.

La actividad fisiológica y el desempeño productivo de los clones de plátano, en una zona de producción, dependen de la interacción armónica entre su genotipo y los factores ambientales pudiendo variar bajo diferentes condiciones edafológicas y climáticas.

CONCLUSIONES

Las zonas óptimas de cultivo para el clon Dominico Hartón en la región cafetera, están ubicadas entre los 1000 y 1400 ms.n.m

El tamaño del fruto de Dominico Hartón varía según la localidad y el clima. La composición química del fruto varía de acuerdo al estado de maduración del fruto y de la zona de producción

RECONOCIMIENTOS

A Colciencias, Comité Departamental de Cafeteros del Quindío, Universidad del Quindío, Corpoica, La Granja Luker, SENA.Q, CIAT y Cenicafé por el apoyo financiero para el desarrollo de este estudio.

LITERATURA CITADA

- Azcón-Bieto, J.; Talon, M. 1996. Fisiología y bioquímica vegetal. Madrid. McGraw-Hill. p. 463-478.
- Cardeñoso B, R. 1955. El género *Musa* en Colombia, plátanos y bananos afines. Pacífico-Cali. 367 p.
- Fernández, K M; Carvalho, V D; Calvidal, J. 1979. Physical changes during ripening of silver bananas of silver bananas. *Journal of food science*. 44:1254-1255.
- Ffaukles, D.; Espejo, S.; Marie, D.; Delpeche, M.; Preston, T.R.; 1978. El plátano en la alimentación de bovinos. Composición y producción de biomasa. *Rev. Tropical Science*, 31, 1983 - 1987. 1978. El plátano en la alimentación de bovinos. Composición y producción de biomasa. *Producción Animal Tropical* (Santo Domingo) 31:41-46.
- Firmín A. 1991. Chemical and physical changes in plantains (*Musa paradisiaca*) during ripening. *Tropical Science*, 31: 183 - 187.
- Guzmán M.O; Jaramillo, R.A. 1989. Estudio climático de Risa-

- ralda y Quindío. Cenicafé. Boletín Técnico No.15. 64p.
- Hubbard, N.L.; Pharr, D.M.; Huber, S.C. 1990. Role of sucrose phosphate syntase in sucrose biosynthesis in ripening bananas and its relationship to the respiratory climacteric. *Plant Physiology* 94: 201-208.
- Offem, O.J; Thomas. O.O. 1993. Chemical changes in relation to mode and degree of maturation of plantain (*Musa paradisiaca*) and (*Musa sapientum*) fruits. *Food Research International* 26, 187-193.
- Izonfuo, W.A.L; Omuaro, V.O.T. 1998. Efecto de la Maduración en la Composición Química de la Cáscara y Pulpa de Plátano. *Journal of the Science of Food and Agriculture. Inglaterra*. 45(4). 7-19 p.
- Linaza, L A. 1976. Quantitative evolution of sugars in banana fruit ripening at normal to elevated temperatures. *Acta Horticulturae* 57: 163-173.
- Marriott, J.; Robinson, M.; Karikary, S.K. 1981. Transformación del almidón y el azúcar durante la maduración de plátanos y bananos. *Journal of Food and Agriculture. Inglaterra*. 32(10) 1021-1026 p.
- Morales Osorno, H.; Belacázar Carvajal, S.L.; Cayón Salinas, G. 1998. Efecto de la época de cosecha sobre la composición físico - química de los frutos en cuatro clones comerciales de musáceas. En: Seminario Internacional sobre Producción de Plátano. Armenia (Colombia), Mayo 1998. *Memorias Armenia (Colombia), Corpoica – Universidad del Quindío*. p. 237 – 246.
- Simmonds, N.W. 1973. *Los Plátanos*. Blume, Barcelona. 539 p.
- Vivian, S.; Mendoza, D. 1990. Developmental Physiology and Ripening Behaviour of “Senorita” Banana (*Musa* sp. L.) *Fruits*. 5(4): 152-157.
- Wills, R.H.H.; Lee, T.H.; Mcglasson, W.B.; Hall, E.G.; Graham, D. 1977. *Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas post-recolección*. Burgos, J.(trad.). Acribia, Zaragoza, España. 195 p.
- Wills, R.; Lee, T.; Mc Glasson, B.; Graham, D. 1984. *Fisiología y Manipulación de Frutas y Hortalizas Post-Recolección*. Zaragoza, España. Acribia. p.18-22, 43-46, 81-83.

Relación entre la edad de cosecha y la maduración de los frutos de platano África 1 (Mbouroukou No. 1) en el departamento del Quindío, Colombia

The relation between the harvest and ripeness stage of the fruits of the plantain Africa 1 (Mbouroukou no.1) at the departament of Quindío, Colombia

Arcila P., M.I.; Celis G., L.D.

RESUMEN

En Colombia se han cultivado tradicionalmente tres clones, entre los cuales se destaca Dominico-Hartón. Existen alternativas de sembrar otras variedades como Africa 1 que producen racimos aceptables para el mercado en fresco y de la cual se desconoce el momento adecuado de cosecha. Se adelantó un estudio con el propósito de estudiar el efecto de la edad de cosecha sobre la calidad y la maduración del fruto, para ello se cosecharon 10 racimos en diferentes edades (12, 14 y 16 semanas después de floración, SDF), de cada racimo se seleccionaron los dedos centrales de las manos uno (1) y tres (3), a los cuales se les registró en los estados de maduración verde oscuro y amarillo: el Período de maduración; el tamaño del fruto; la distribución de materia seca y la concentración de carbohidratos. Se aplicó un diseño de parcelas divididas con tres repeticiones. Se determinó que la edad de cosecha afecta el proceso de maduración de los frutos induciendo cambios bioquímicos y metabólicos que afectan la calidad final.

ABSTRACT

Three clones have been traditionally grown in Colombia, among them, stands out the Dominico-Hartón. There are other growing alternatives such as the Africa 1 that produces acceptable clusters for the "in fresh" market and which appropriate harvest time is unknown. A study was conducted in order to learn about the harvest time effect upon the quality and ripeness of the fruit, for this, 10 clusters were harvested in different stages (12, 14 and 16 weeks after flowering). The middle fruits from the bunches 1 and 3 were selected; the following was registered during the dark green and yellow ripeness stage: the ripeness period, the fruit size, the dry material distribution and the carbohydrates concentration. A split plot design was applied with three repetitions. It was determined then, that the harvest time affects the fruits ripeness process, persuading biochemical and metabolic changes, which can affect the final quality of the product.

Index Words. Harvest and post-harvest; physical and chemical changes; plantain; Africa 1.

I

INTRODUCCIÓN

En Colombia se han cultivado tradicionalmente tres clones, entre los cuales se destaca Dominico-Hartón. Existen materiales como Africa 1 que producen racimos aceptables para el mercado en fresco. El índice de cosecha de los racimos de Dominico-Hartón, convencionalmente, es visual, recolectando los racimos que presenten frutos "hechos" y redondeados (con pérdida de aristas). Recientemente, en algunos cultivos tecnificados de la región cafetera se cosechan los racimos de éste cultivar en base a la edad, mediante el conteo de las plantas al momento de la emergen-

cia de la inflorescencia. Los frutos "hechos" de Dominico-Hartón (de 14 a 16 semanas) tienen un período de maduración que varía entre 6 a 12 días, dependiendo de la manipulación del producto durante la poscosecha y de las condiciones climáticas durante el llenado del fruto (Arcila *et al.*, 1998). Laylieam y Kositrakum (1998) determinaron que la composición química de los frutos de banano (cv. 'Hochuchu') varía con la edad de cosecha, mientras que la maduración no es afectada. El clon AFRICA 1 (Mbouroukou # 1) es una de las variedades de plátano más promisorias para la zona cafetera, produce racimos de 14 kg de peso

* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, apartado aéreo 1807, telefax (576) 7496331, E-mail: corpoarm@epm.net.co Armenia, Quindío, Colombia.

promedio, a los 15 meses (Grisales, 2001). Como se desconoce el tiempo apropiado de cosecha de éste clon y su comportamiento poscosecha, se decidió realizar este estudio, el cual tiene por objetivo determinar el efecto de diferentes edades de cosecha sobre la calidad y la maduración de los frutos de AFRICA 1, junto con los cambios físicos y químicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló entre Diciembre de 1998 y Febrero del 2000, en el Centro de investigación "El Agrado", localizado en el Municipio de Montenegro, departamento del Quindío, a 4° 28' de latitud norte y 75° 49' de longitud oeste, 1310 m.s.n.m., temperatura media anual de 22°C, precipitación anual de aproximadamente 2100 mm y humedad relativa media 80%, condiciones correspondientes al bosque muy húmedo subtropical (bmh-ST); el suelo del campo experimental es de textura franco arenoso, pH 6 y 5.7% de materia orgánica. El material evaluado fue Africa 1 (AAB), se cosecharon 10 racimos en diferentes edades 12, 14 y 16 semanas después de floración (SDF), se seleccionaron los dedos centrales de las manos uno (1) y tres (3), a los cuales se les registró en los estados de maduración verde oscuro y amarillo las siguientes variables: Período de maduración; longitudes externa e interna; perímetro, peso del fruto; diámetro de la pulpa y el grosor de la cáscara. Se picaron en pedazos pequeños y se secaron en una estufa a 60°C por 24 horas. A la harina de la pulpa se le determinó las concentraciones de almidón, azúcares totales y reductores (por hidrólisis enzimática, por el método de Antrona y de Nelson, respectivamente, en el laboratorio del

CIAT, Palmira) y el contenido mineral. Se aplicó un diseño de parcelas divididas con tres repeticiones. Los datos fueron sometidos al análisis de varianza y a la prueba de comparación rango múltiple de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cambios físicos del fruto del clon AFRICA 1 (AAB)

El racimo del clon AFRICA 1 tiene características del tipo "Horn" (Hartón) con 5 gajas y 20 a 30 frutos (Grisales, 2001). A diferencia de cultivares como Dominico-Hartón y FHIA 21, el peso de los racimos no varió con la edad, mientras que el peso de los frutos presentó variaciones poco significativas (Tabla 1); el peso del racimo obtenido en éste estudio coincide con el reportado por Grisales (2001) para la zona cafetera.

Los frutos de este cultivar son de tamaño superior a Dominico-Hartón. Las longitudes externa e interna se incrementaron significativamente (2 a 3 cm) entre frutos de 12 a 16 semanas mientras que el perímetro solo se aumentó en 3 cm al pasar de 12 a 14 semanas. El diámetro del fruto presentó una ligera variación según la edad, tanto en frutos provenientes de la mano uno como de la mano tres (Tablas 2 y 3).

Los frutos frescos de Africa 1, superan aproximadamente en un 50% el peso de los frutos de Dominico-Hartón. El peso seco del fruto varió significativamente según la edad de cosecha (Tabla 4), haciéndose máximo en la semana 14, lo cual se podría tomar como un índice de cosecha de este material; su ligera precocidad ha sido una característica de esta variedad. Los incrementos en peso

de la pulpa, tanto en frutos verdes como maduros (A) fueron significativos, ganando el fruto aproximadamente el 20% de peso al pasar de una a otra edad, explicando esto que el crecimiento del fruto se debe a la acumulación de fotoasimilados en este órgano y no en la cáscara. La relación pulpa/cáscara es más alta que en Dominico-Hartón, siendo mayor y similar en frutos de 14 y 16 semanas.

Tabla 1. Rendimiento del clon Africa 1 en diferentes épocas de cosecha

Epoca (SDF)	Frutos/racimo	Peso del racimo (kg)	Peso del fruto (g)
12	26 a	11,8 a	440 a
14	24 a	12,6 a	521 a
16	24 a	13,3 a	554 a
C,V, (%)	14,3	22,9	21,5
Prueba de F(Epoca) ns, n,s Valores entre columnas con letras iguales no difieren entre si según la prueba de Tukey (P<0,05)			

Tabla 2. Longitud y perímetro de los frutos de AFRICA 1 durante la maduración, en diferentes edades de cosecha de los racimos (Verde oscuro, V; Amarillo, A)

Edad de los frutos (SDF)	Longitud externa (cm)		Longitud interna (cm)		Perímetro (cm)	
	V	A	V	A	V	A
12	26 b	27 b	22 b	24 b	16 b	16 b
14	27 b	28 b	24 ab	24 b	19 a	17 b
16	30 a	30 a	26 a	27 a	19 a	18 a
C,V (%)	6,5	5,2	13	14	9,5	9,5
Prueba de F (Epoca)	**	**	**	*	*	**

* Prueba de F significativa ($P<0,05$)

** Prueba de F significativa ($P<0,01$)

Valores entre columnas con letras iguales no difieren entre si según la prueba de Tukey ($P<0,05$)

Tabla 3. Diámetro del fruto de AFRICA1 durante la maduración, en diferentes edades de cosecha de los racimos (Verde oscuro, V; Amarillo, A)

Edad de los frutos (semanas)	Diámetro de la pulpa (cm)		Grosor de la cáscara (cm)		Diámetro del fruto (cm)	
	V	A	V	A	V	A
12	5,3 a	4,7 b	0,5 a	0,6 a	5,8 b	5,3 b
14	5,3 a	5,0 ab	0,6 a	0,5 b	5,9 a	5,5 a
16	5,4 a	5,2 a	0,6 a	0,6 a	6,0 a	6,0 a
C,V (%)	30	6,6	24	22	7	7,2
Prueba de F (Epoca)	ns	*	ns	*	*	*

* Prueba de F significativa ($P<0,05$)

n.s Prueba de F no significativa ($P<0,05$)

Valores entre columnas con letras iguales no difieren entre si según la prueba de Tukey ($P<0,05$)

Tabla 4. Peso del fruto y partición de pulpa y cáscara de AFRICA 1 durante la maduración, en diferentes edades de cosecha de los racimos (Verde oscuro, V; Amarillo, A)

Edad de los frutos (semanas)	Peso del fruto (g)		Pulpa (g)		Cáscara (g)		P / C	
	V	A	V	A	V	A	V	A
12	92 b	92 b	76 b	79 b	16 b	13 b	4,8 a	6,1 b
14	115 ab	115 a	100 ab	101 a	15 b	14 b	6,6 b	7,2 a
16	129 ab	140 c	110 ab	122 a	19 a	18 b	6,8 b	6,8 a
C,V (%)	16	14	20	13	14	13	13	15
Prueba de F (Epoca)	**	**	**	**	**	**	**	**

** Prueba de F significativa ($P<0,01$)

Valores entre columnas con letras iguales no difieren entre si según la prueba de Tukey ($P<0,05$)

Maduración y cambios químicos

A diferencia de otras variedades, el período de maduración del fruto no fue afectado significativamente por la edad de cosecha, los cuales, se tornaron maduros aproximadamente en una semana. La calidad organoléptica si se afectó, ya que los frutos

más tiernos (12 semanas) se pasmaron totalmente y los de 14 semanas parcialmente. Es posible, que esto pueda ser atribuido a la composición de almidón, el cual es un poco bajo en estos frutos con relación a los de mayor edad (14 y 16 semanas) (Tabla 5). Los azúcares totales que en su mayoría son

reductores, oscilaron alrededor del 2%, sin variaciones en frutos de las diferentes edades. Los frutos maduros de Africa 1, contienen altos contenidos de almidón, siendo este menor en 16% con respecto a frutos de 14 y 16 semanas de edad. La concentración de azúcares totales fue alta (46%) y no presentó variación alguna entre los frutos de las tres edades. Esto parece indicar que es posible que no sea la cantidad del almidón, sino su calidad (estructura granular) la que en un momento dado determina en el fruto características deseables para ser consumido o quizás otros compuestos del fruto no registrados en este estudio como sustancias orgánicas, pigmentos, acidez, entre otros.

La Tabla 6, muestra la composición mineral de la pulpa de éstos frutos, la cual, tuvo ligeras variaciones que no se atribuyen a la edad del fruto, sobresaliendo este clon por contenido de Potasio y Nitrógeno, principalmente.

CONCLUSIONES

El peso y tamaño de los frutos varía con la edad de cosecha.

El período a maduración de los frutos de Africa

1, no es afectado por la edad de cosecha.

La concentración de almidón fue ligeramente menor en frutos tiernos (12 semanas), mientras que el contenido de azúcares fue similar en las diferentes edades

Bajo las condiciones de este estudio, la época apropiada para cosechar los frutos del plátano Africa 1, es a partir de las 14 semanas, siendo ideal por sus condiciones organolépticas, a las 16 semanas

RECONOCIMIENTOS

Los autores de este trabajo agradecen al Comité de Cafeteros del Quindío y a Corpoica, el soporte financiero para su realización logística.

LITERATURA CITADA

- Arcila P. M. I.; Giraldo, G. G.; Belalcázar, C. S.L.; Cayón, S. D.G.; Méndez, G. J. C. 1998. Comportamiento Poscosecha de los plátanos Dominico-Hartón y FHIA 21 en diferentes presentaciones. En: Seminario Internacional sobre producción de Plátano. Armenia (Colombia), Mayo 1998. Memorias. Armenia (Colombia) Corpoica-Universidad del Quindío. p 256-260. *CO-Corpoica, Armenia.
- Grisales, L. F. 2001. AFRICA 1: Nueva variedad de plátano para la zona cafetera. Cenicafe. Boletín Técnico No. 290. 4p.
- Laylieam, S. y Kisuttrakun, M. 1998. Effects of harvest maturity. Journal of Food Quality (USA) (22) 539-544

Tabla 5. Período de maduración y concentración de almidón, azúcares totales y reductores del fruto de AFRICA 1 durante la maduración, en diferentes edades de cosecha de los racimos (Verde oscuro, V; Amarillo, A)

Edad de los frutos (SDF)	Período de maduración (Días)	Almidón (%)		Azúcares totales (%)		Azúcares reductores (%)	
		V	A	V	A	V	A
12	11 a	96,0 b	76,0 b	2,6 a	46,9 a	2,1 a	41,3 a
14	10 a	100,0 a	86,0 a	2,3 a	45,7 a	1,9 a	40,3 a
16	8 a	100,0 a	88,0 a	1,8 a	47,9 a	1,5 a	42,1 a
C,V, (%)	25	1,8	4,0	35,1	5,3	39,5	6,2
Prueba de F(Epoca)	ns	**	*	ns	ns	ns	ns
* Prueba de F significativa (P<0,05)							
** Prueba de F significativa (P<0,01)							
n,s, Prueba de F no significativa							
Valores entre columnas con letras iguales no difieren entre si según la prueba de Tukey (P<0,05)							

Tabla 6. Composición mineral de la pulpa de frutos de AFRICA 1 en tres épocas de cosecha

Epoca de cosecha (SDF)	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)	Calcio (%)	Magnesio (%)
12	0,57	0,24	0,9	0,15	0,10
14	0,55	0,21	1,2	0,10	0,10
16	0,57	0,21	1,3	0,15	0,10

The effect of salinity on vegetative growth, mineral composition and transpiration of banana plants

Los efectos de la salinidad sobre el crecimiento vegetal, la composicion mineral y la transpiracion del banano

O. Shapira,^{1,2} Y. Israeli,¹ U. Shani² and A. Schwartz².⁽¹⁾

ABSTRACT

Grand Nain (AAA) banana plants were grown in a greenhouse in 80 liter lysimeters for a period of 80 days and water consumption was followed daily. The plants were irrigated at 4 levels of NaCl based saline water: EC =1.3, 3, 5 and 7 (dS/m). Plant water consumption, height and total fresh weight were highly correlated with the EC level. Stomatal conductance, chlorophyll a fluorescence and carbon assimilation rate were affected by salinity within days. Yellowing of the leaf margins was observed after about 2 weeks. The yellow leaf margins turned necrotic with leaf age. High concentrations of sodium were found in the necrotic margins, increasing with the EC. In contrast sodium level in the remaining green tissue of the lamina was not affected. Chloride concentrations in the lamina increased with salinity but remained evenly distributed. This study, performed in containers under controlled environment, will establish the necessary basis for a future wide scale field study.

RESUMEN

Plantulas del banano Gran Enano fueron cultivadas en un invernadero en lisímetros de 80 litros durante 80 días y fue medida la consumición de agua. El agua se dio a 4 niveles de salinidad a base de NaCl: CE=1.3, 3, 5 y 7 (dS/m). La consumición del agua, la altura y el peso fresco tuvieron una alta correlación con la CE. La conductividad de los estomas, la fluorescencia de la clorofila a y el ritmo de asimilación de carbono, fueron afectados en pocos días. Se observó amarillamiento gradual en el margen de las láminas al cabo de dos semanas. El margen amarillo se convirtió en necrosis con el envejecimiento de la hoja. En la parte necrótica se detectaron altas concentraciones de sodio en correlación con la CE. Mientras que en la zona verde de la lámina el nivel de sodio no aumentó. La concentración del cloro en la lámina aumentó con la salinidad en forma uniforme. Este estudio servirá de base para un futuro experimento en condiciones de campo.

* Jordan Valley Banana Experiment Station, Zemach 15132, ISRAEL, ⁽²⁾ Hebrew University of Jerusalem Rehovot 76100, ISRAEL.
Tel: (972) 46757670; Fax: (972) 46757685; E-mail: jvban@kinneret.co.il

Fertilización y residualidad de nutrimentos, en el cultivo de plátano (*Musa AAB*) en un andisol del Quindío Colombia

Fertilization and residuality of nutriment, in the plantain culture (*Musa AAB*) in a andisol of Quindio Colombia

M. M. Bolaños, H. Morales, L. D. Celis

RESUMEN

Se evaluó la respuesta del clon de plátano Dominico-Hartón (*Musa AAB* Simmonds) a: 1) La fertilización con macronutrimentos y 2) La residualidad de los fertilizantes químicos (úrea, DAP y KCl) aplicados desde 1988 hasta 1992; mediante dos experimentos de campo realizados entre 1998 y 1999. Bajo las condiciones experimentales, no se observaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, en las variables de crecimiento, desarrollo y producción evaluadas indicando que el cultivo no mostró respuesta a la fertilización química (K – N – P) y que no hubo efecto residual de estos macronutrimentos. Según las relaciones catiónicas del suelo y los contenidos de potasio edáfico elevados se presenta desbalance nutricional. Estos resultados permiten resaltar que además de los factores químicos, en la productividad también interviene el componente biorgánico del suelo y particularmente la incidencia de plagas como picudo negro (*Cosmopolites sordidus* Germar) y nemátodos (*Radopholus*, *Helicotylenchus*, *Meloidogyne* y *Pratylenchus*) que causan lesiones severas al sistema radical de la planta de plátano, evitando la absorción de nutrimentos.

INTRODUCCIÓN

La fertilización del cultivo de plátano en el departamento del Quindío y en la zona central cafetera de Colombia, hasta la década de los 90, se realizó mediante aplicación de algunos elementos mayores como potasio (K), nitrógeno (N) y fósforo (P), sin embargo los resultados de investiga-

ciones realizadas por Belalcázar *et al*, 1996 y Castillo, 1995, indican que en suelos de mediana fertilidad, el cultivo de plátano no responde a la fertilización con K, N y P y que la fertilización química aplicada en ciclos anteriores de cultivo, no tienen efecto residual sobre los nuevos ciclos de producción.

Para obtener respuesta a la fertilización aplicada es necesario que la planta esté en capacidad de absorber todos los nutrimentos esenciales, los cuales no fueron suministrados en los estudios citados, ocasionando problemas en la disponibilidad de macronutrimentos como magnesio por el exceso en la aplicación de potasio.

Estos resultados permiten corroborar que en la disponibilidad y absorción de nutrimentos por las plantas, además de los factores químicos intervienen las propiedades físicas del suelo, consideradas por Baver, 1972, como la clave de la productividad.

Otro factor importante para garantizar la absorción de agua y nutrimentos es la sanidad del sistema radical de la planta de plátano y quizá, es esta condición la que se ha descuidado ya que en muchos cultivos comerciales e incluso en algunos experimentos de plátano se han encontrado poblaciones elevadas de organismos indeseables como picudo negro (*Cosmopolites sordidus* Germar) y los siguientes géneros de nemátodos: *Radopholus*, *Helicotylenchus*, *Meloidogyne* y *Pratylenchus*, (Bolaños *et al*, 2000). Estos organismos causan lesiones severas en las raíces y en el cormo de plátano, hasta tal punto que disminuyen la rentabilidad del cultivo. Con respecto a los nemátodos,

* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Apartado Aéreo 1807, Armenia, Quindío, Colombia. Tel: (576) 7496331; Fax: (576) 7496331; E-mail: corpoarm@epm.net.co; mamabb@uolmail.com.co

según Pinochet, 1986 y Schipke y Ramsey, 1994, coinciden en que *Radopholus similis* (Cobb) Thorne es la especie de nemátodo más perjudicial para la producción de bananos y plátanos. En los suelos bajo estudio además de desbalance entre nutrientes, también existe desequilibrio biológico, pues mientras la población de plagas aumenta, los controladores biológicos como *Beauveria bassiana*, *Metarrhizium anisoplae* y endomicorizas arbusculares decrecen.

Con este trabajo se pretende hacer énfasis sobre la participación del equilibrio biológico del suelo, fertilización completa y balance entre nutrientes, como factores determinantes en la nutrición integrada del cultivo de plátano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se basó en dos experimentos los cuales se realizaron en el Centro Experimental El Agrado de propiedad del Comité Departamental de Cafeteros del Quindío, ubicado en el municipio de Montenegro (Quindío), a 4° 28' de latitud norte y 75° 49' de longitud oeste, a 1310 m.s.n.m, con temperatura media anual de 21°C, precipitación anual de 2200 mm. y humedad relativa media de 78%. Según la clasificación de Holdridge el ecosistema corresponde a bosque húmedo premontano (bhPM). Los suelos son derivados de cenizas volcánicas con textura franco arenosa..

Experimento 1. Fertilización del plátano con elementos mayores

Este experimento se realizó en un suelo *Typic Udivitrands* (Soil Survey Staff, 1994) con textura franco arenosa, sus propiedades químicas se describen en la Tabla 1.

Se utilizó la variedad de plátano Dominico - Hartón, (*Musa AAB Simmonds*), con una distancia de siembra de 2,5 m entre calles y 1,5 m entre plantas para una densidad de 2.666 plantas/ha. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con 20 tratamientos (Tabla 2), y cuatro repeticiones de 25 plantas por parcela con nueve plan-

tas como unidad experimental. Las fuentes de los fertilizantes empleados fueron urea, fosfato diamónico (DAP), cloruro de potasio (KCl), sulfato de amonio (SAM), sulfato de potasio (SOP) y sulfomag. Las dosis de los fertilizantes se aplicaron 30% cuando la planta había emitido cinco hojas y 70% restante en la hoja número 10, a excepción del fósforo que se aplicó 100% de la dosis cuando la planta tenía cinco hojas. Las variables registradas fueron altura, perímetro del pseudotallo y número de hojas al momento de floración, peso del racimo, número de dedos por racimo, días de siembra a floración, de siembra a cosecha y de floración a cosecha. Los datos generados fueron sometidos a análisis de varianza y a una prueba de comparación múltiple de Tukey ($P < 0,05$).

Experimento 2. Residualidad de nutrientes

La evaluación de la residualidad de nutrientes se hizo en un suelo donde anteriormente se realizó una investigación para evaluar niveles de N, P, K, en el clon del plátano Dominico Harton, sembrado a una distancia de 5.0 m entre surcos y 2.0 m entre plantas para una densidad de 1000/ha. El diseño experimental empleado fue el de bloques completos al azar, con 18 tratamientos (Tabla 3) y tres repeticiones donde se evaluaron diferentes combinaciones de nitrógeno, fósforo y potasio. Las fuentes de nutrientes utilizadas fueron: urea del 46% de nitrógeno, superfosfato triple del 45% de P_2O_5 ; cloruro de potasio del 60% de K_2O . La parcela experimental estuvo conformada por 25 plantas, de las cuales nueve plantas formaron la unidad experimental; en este estudio se evaluaron cuatro ciclos de producción entre junio de 1988 y diciembre de 1992.

Conservando las parcelas del experimento anterior se sembró el nuevo experimento a una distancia de siembra de 2.0 m entre surcos dobles, 2.0 m entre plantas y los surcos dobles separados por 3.0 m de calle, para una densidad de 2000 plantas/ha; con parcelas de 40 plantas, de las cuales 12

Tabla 1. Análisis químico del suelo. Experimento fertilización N-P-K.

Tabla 1. Análisis químico del suelo. Experimento fertilización N-P-K.														
Localidad	PH	MO %	K	Ca	Mg	Na	CIC	P	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Tx
			meq/100 g de suelo					(ppm)						
El Agrado	5,46	6,65	2,33	5,98	1,34	0,03	16,8	132	295	49	11	4,8	0,5	Far

Tabla 2. Nutrientes aplicados (gramos por planta) en el experimento fertilización

Tratamientos	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	SO ₄
1	0	0	0		
2	0	9,2	90		
3	23	9,2	90		
4	46	9,2	90		
5	69	9,2	90		
6	92	9,2	90		
7	115	9,2	90		
8	69	9,2	90		
9	69	9,2	90		5,1
10	69	18,4	90		
11	69	9,2	0		
12	69	9,2	30		
13	69	9,2	60		
14	69	9,2	90		10,2
15	69	9,2	120		
16	69	9,2	150		
17	69	9,2	180		
18	69	9,2	90		15,3
19	69	9,2	90	5,4	6,6
20	69	9,2	90		14,4

Tabla 3. Tratamientos evaluados en el experimento de residualidad

Tratamientos	N (Kg/ha)	P ₂ O ₅ (Kg/ha)	K ₂ O (Kg/ha)	Otros
1	56	28	224	
2	56	28	416	
3	56	52	224	
4	56	52	416	
5	104	28	224	
6	104	28	416	
7	104	52	224	
8	104	52	416	
9	80	40	320	
10	8	28	224	
11	152	52	416	
12	56	4	224	
13	104	76	416	
14	56	28	32	
15	104	52	668	
16	0	0	0	
17	0	0	0	M.O (3 ton/ha)
18	80	40	320	M.O (3 ton/ha)

Tabla 4. Análisis químico de suelo donde se evaluó la residualidad de nutrientes

pH	MO %	P ppm	meq/100 g			ppm					
			K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	Fe	B	S
5.1	3.3	20	0.6	4.0	0.6	8	5	9.9	280	0.01	27

Las variables de crecimiento, desarrollo y producción evaluadas fueron las mismas del experimento 1.

conformaron la unidad experimental. En la (Tabla 4) se presenta el análisis de suelo del lote bajo estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento 1

De acuerdo con el análisis estadístico, no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, en las variables de crecimiento, desarrollo y producción, resultado que permite concluir que el cultivo del plátano en suelos con las características descritas en la Tabla 1 no responde a los niveles de fertilización química con potasio, nitrógeno, fósforo, magnesio y azufre aplicados, sin embargo, se deben considerar otros nutrientes como calcio y elementos menores que pueden afectar la eficiencia en la absorción de estos elementos y reflejarse en el desarrollo y producción del cultivo de plátano.

El plan de fertilización del plátano se debe basar y ajustar a los resultados del análisis químico de suelo con el propósito de aplicar las fuentes y cantidades de nutrientes que realmente requiere el cultivo para incrementar la cantidad y calidad de la producción con óptimos resultados económicos y ambientales. Según Belalcázar, 1991, la planta de plátano durante su ciclo extrae 96,4 g de N, 11,6 g. de P, 1.034,6 g. de K, 158,9 g de Ca y 27,9 g de Mg. Considerando los requerimientos nutricionales del cultivo, la influencia de diversos factores como las características físicas, mineralógicas, químicas, el componente biológico del suelo y la sanidad del sistema radical, además del clima, se logra la utilización eficiente de los fertilizantes y una reducción en los costos de producción.

Además del componente biológico, dentro de la nutrición integrada del plátano es importante analizar el balance nutricional del suelo mediante el cálculo de las relaciones catiónicas. Los valores de estas para el suelo experimental fueron las siguientes: $\text{Ca/Mg} = 4.5$, $\text{Mg/K} = 0.6$, $\text{Ca/K} = 2,56$ y $\text{Ca+Mg/K} = 3,14$; en gran medida este balance determina la absorción de nutrientes, entre ellos el K, que el plátano demanda en grandes cantidades y que participa en el llenado de los frutos, pues es necesario para el transporte de azúcares. Pese a que de acuerdo con los requerimientos del cultivo los niveles en el suelo son adecuados (Muñoz,

1995), se observa desbalance entre el K y el Mg, debido a que el elevado contenido de K puede limitar la absorción de Mg.

Por otra parte el reciclaje de nutrientes en el suelo por incorporación de un alto porcentaje de la biomasa desarrollada en una plantación de plátano, es un factor positivo que permitiría racionalizar o inclusive reducir los niveles de fertilización química en cultivos de plátano manejados durante varios ciclos de producción. En este aspecto, el adecuado procesamiento (repicado) y ubicación de los desechos de la cosecha y la actividad biológica facilitan su rápida descomposición e incorporación al suelo, para que una vez transformados en formas asimilables puedan ser absorbidos por la planta de plátano.

Experimento 2

De acuerdo con el análisis estadístico (ANAVA) de la información generada durante el último experimento (1998–1999), se presentaron diferencias altamente significativas entre repeticiones, con un nivel de significancia del 1%, en las variables: peso del racimo, altura de planta, perímetro delseudotallo, días de siembra a floración y días de siembra a cosecha. No se observaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en ninguna de las variables evaluadas. La confiabilidad de estos datos, cuyo coeficiente de variación fue de 8.1% permite concluir que los fertilizantes aplicados desde 1988 hasta 1992, no tuvieron efecto residual durante los cinco ciclos de producción de plátano, evaluados hasta 1999.

Igualmente, Castillo *et al*, 1995, en un experimento sobre residualidad de nutrientes en plátano, encontraron que en la variable peso del racimo no se presentaron diferencias estadísticas significativas en cada uno de los cuatro ciclos evaluados y en el promedio calculado a partir de éstas, sin embargo, los promedios observados en el primer ciclo son menores que los alcanzados a partir del segundo ciclo

Estos resultados pueden asociarse con algunas propiedades físicas del suelo bajo estudio, tales como la textura franco-arenosa que permite mayor conductividad hidráulica y por lo tanto, facilita el lavado o lixiviación de nutrientes a través del suelo; principalmente del nitrógeno cuyas formas NH_4^+ se volatiliza y NO_3^- se lixivía fácilmente. Con respecto al potasio, elemento que el plátano ab-

sorbe en cantidades grandes: 1.034,6 g/planta/ciclo (Belalcázar, 1991); es posible que este requerimiento no se pueda suplir con los residuos de fertilizaciones realizadas en ciclos de cultivo anteriores.

La falta de respuesta del cultivo de plátano al efecto residual de las dosis y fuentes de fertilizantes químicos aplicados, también puede relacionarse con las características químicas del suelo bajo estudio, ya que los andisoles son altamente retenedores de fósforo y esto explica porque aunque se aplicaron dosis de: 4, 28, 40, 52 y 76 Kg. de P_2O_5 /ha el contenido de este macronutriente en el suelo fue de 20 ppm. Igualmente el contenido de materia orgánica del suelo experimental fue bajo (3,3 %); es preciso recordar que el nitrógeno, fósforo, azufre y boro son nutrientes en cuya dinámica participa de manera importante la materia orgánica del suelo.

Además, en el suelo donde se desarrolló este experimento se presenta desbalance entre los cationes Potasio y Magnesio (Tabla 4), así mismo, el contenido de boro edáfico ha disminuido drásticamente en los últimos diez años, hasta tal punto que las plantas manifiestan síntomas de deficiencias de este micronutriente, (Bolaños y García, 2001). Estos autores concluyen que niveles inferiores a 0.4 ppm de Boro edáfico afectan la producción y calidad de la cosecha de plátano.

Por su parte, Guerrero (2002) dice que son muy variadas las causas que generan un desequilibrio en el abonamiento de cultivos; un ejemplo es la fertilización con N. P. K. cuando no se solucionan deficiencias, cada vez más frecuentes, de elementos secundarios, tales como magnesio, azufre y calcio, y también de micronutrientes. En todos los casos, el asunto converge, sin remedio a una escasa eficiencia y limitado efecto de la fertilización usual con N .P. K.

Como se observa en la Tabla 4, el suelo presenta un contenido medio de potasio (0.6 meq/100g de suelo), alto contenido de hierro y niveles bajos de materia orgánica, magnesio y boro. Este último prácticamente no está disponible para las plantas.

Bajo estas características químicas del suelo, se afecta tanto la producción como la calidad del fruto de plátano. Por lo que es necesario realizar fertilización integrada en este cultivo. Dicha fertilización no debe restringirse a la aplicación de las fuentes químicas (Urea, DAP y KCl), ya que por el nivel de

materia orgánica de suelo (3,3%) es necesario adicionar fuentes orgánicas que aporten N, K, S, P, y B y que mejoren la actividad biológica contribuyendo a mantener la sanidad del sistema radical del plátano lo cual garantiza mejor absorción de nutrientes y consecuentemente mayor producción.

Considerando el componente biológico del suelo, el cual no ha recibido la importancia que tiene y según los resultados de investigaciones anteriores (Belalcázar *et al* 1996, Bolaños y García, 2001 y Bolaños *et al*, 2000) la falta de respuesta del cultivo de plátano *Musa AAB Simmonds*, a la fertilización química puede explicarse, más que a propiedades químicas o físicas del suelo, al papel de componente biológico que interactúa en la rizosfera del cultivo de plátano. En algunos lotes experimentales y en fincas donde se cultiva plátano comercialmente, se presentan problemas sanitarios causados principalmente por el ataque del picudo negro *Cosmopolites sordidus* Germar) y por nemátodos (*Radopholus*, *Helicotylenchus*, *Meloidogyne* y *Pratylenchus*), los cuales afectan severamente el sistema radical del plátano (cormo y raíces) e impiden la absorción de nutrientes.

CONCLUSIONES

- Bajo las condiciones experimentales, el cultivo de plátano no responde en las variables evaluadas a la fertilización y al efecto residual de las fuentes de nitrógeno, fósforo y potasio aplicadas.
- La fertilización con los macronutrientes N, P, K, sin corregir deficiencias de Mg. y de Boro disminuye la eficiencia de la práctica de fertilización, lo cual se corrobora en este estudio mediante la falta de respuesta del cultivo de plátano.
- En el suelo donde se realizó la investigación, se ha incrementado la población de organismos indeseables (nematodos y picudos), que afectan severamente el sistema radical del plátano impidiendo la absorción de nutrientes y su efecto en los rendimientos y calidad de la producción.

LITERATURA CITADA

- Baver, L.D. 1972. Soil Physics. Tercera edición. New York, John Wiley and Sons. 489 p.
- Belalcázar C.S. 1991. El Cultivo del Plátano en el Trópico. Manual Técnico No. 50. Instituto Colombiano Agropecua-

- rio ICA. (Ed.) Feriva Ltda. 379 p.
- Belalcázar, C.S.; Jaramillo, G.O.; Cortés, L.C. 1996. Mejoramiento de la Producción del Cultivo del Plátano. C. Área de Suelos y Fertilización. En: Tecnología del Eje Cafetero para Siembra y Explotación rentable del Cultivo de Plátano. Corpoica – Comité Departamental de Cafeteros del Quindío –CIID (Canadá) INIBAP –LAC- INPOFOS. Tercer Informe Técnico 1994-1996. 130 pág.
- Bolaños, B. M. M. y García, A. A. 2001. Dinámica del boro en un suelo cultivado con plátano (*Musa* AAB Simmonds), en el Quindío. En: Memorias XV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Varadero Cuba, noviembre 10 al 16.
- Bolaños B., M.; Morales O., H.; Valencia M., J.A. 2000. Importancia de la nutrición integrada en el cultivo del plátano (*Musa* AAB Simmonds). En: Memorias Reunión ACORBAT. San Juan de Puerto Rico. julio 1-3 agosto de 2000. 42 p.
- Castillo, L.E.; Belálcazar C.S.; Valencia M., J. A.; Arcila P., M.I.; Espinosa M. J.; Gonzalez A. 1995. Evaluación de niveles de N,P,K,. Sobre el crecimiento y la producción del cultivo de plátano, Dominico Harton (*musa* AAB Simmonds). En: Mejoramiento de la producción del cultivo de plátano. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, Armenia (Colombia). P 129-141.
- Guerrero R., R. 2002. Eficiencia de la fertilización en la agricultura de Colombia. En: Estrategias para la productividad de los suelos agrícolas. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo - Capítulo Tolima. pp. 165-170.
- Muñoz, A.R. 1995. Fertilización del plátano (*Musa* AAB Simmonds). En suelos de clima medio en Colombia. En: Fertilización de cultivos de clima medio. Guerrero., R.R. (Ed.) Mónomeros Colombo-Venezolanos S.A. págs. 195 - 204
- Pinochet, J.1986. A note on nematode control practice on bananas in Central America. *Nematropica* 16(2):197 - 203.
- Schipke, L.G. & M.D. Ramsey. 1994. Control of banana burrowing nematode (*Radopholus similis*) by fenamiphos applied through micro-irrigation in North Queensland. *Austr. J. of Experim. Agric.* 34:109-114.
- Soil Survey Staff, 1994. Keys to soil taxonomy. G. of Washington, Department of Agriculture Uneted States, USDA, 306 págs.



Cosecha y poscosecha

syngenta

 **Dow AgroSciences**

COTECNA



¿How can we reduce losses of banana bunches due to 'fruit speckling' in commercial banana plantations?

¿Cómo podemos reducir pérdidas de racimos de banano causadas por el 'speckling del fruto' en plantaciones comerciales?

Cornelia Pasberg-Gauhl

SUMMARY

Particularly during the rainy season, up to 70% of banana bunches for exportation are rejected in packaging stations due to 'fruit speckling' (FS) symptoms on the banana peel. Results from various experiments carried out in commercial banana plantations in several Latin American countries indicated that FS symptoms are caused by a complex of natural (insects, mites and fungi) and non-natural (agrochemicals, bunch bags) agents. In addition, unfavorable farm conditions (high humidity, bad hygiene management in the tree bag and in the plantation) increase FS severity on young fruits. Good agronomic management (cultural practices) of the crop is important to reduce plant stress and minimize pressure of pathogens or other agents causing FS. Different farm management practices of FS are discussed in detail like careful bagging practices, early deflowering as well as how to keep humidity levels low, both within the tree bag and in the plantation.

RESUMEN

Hasta un 70% de los racimos de banano para fruta de exportación, se rechazan en plantas empacadoras debido al 'speckling del fruto' (FS). Resultados de varios experimentos, realizados en plantaciones comerciales del banano en diferentes países de Latino América, indicaron que los síntomas del FS son causados por un complejo de causantes naturales (ácaros, insectos y hongos) y no-naturales (agroquímicos, bolsas). Además, ciertos factores desfavorables en el manejo de las fincas (humedad alta, descuido de higiene dentro de la bolsa y dentro de la plantación) aumentan la severidad de FS en la fruta joven. Un buen manejo de las prácticas culturales resulta beneficioso para reducir el 'stress' de la planta y disminuir la presión de patógenos y otros agentes con capacidad de provocar el FS. En más detalle se discuten buenas prácticas de embolsado, la desflore en el campo y el manejo de un nivel bajo de humedad tanto dentro de la bolsa como en la plantación.

1. INTRODUCTION

'Fruit speckling' (FS) is a common blemish of banana peel occurring wherever bananas are grown. All varieties of banana and plantains are affected. Generally FS is not regarded as a serious problem as symptoms become almost invisible after ripening, when they are masked by the yellow colour of the peel (Stover, 1972; Wardlaw, 1972). However, during certain months of the year, FS becomes more severe following periods of prolonged, higher-than-normal rainfall or under conditions when a high humidity builds up in the

polyethylene bags because of lack of sufficient ventilation. This may cause losses up to 70% of the banana bunches harvested for exportation in packaging stations (Pasberg-Gauhl, 2000). Typical FS symptoms appear very early of bunch development, 2-3 weeks after flowering. Thereafter the number of symptoms increases continuously until harvest. FS symptoms consist of reddish brown to dark brown spots, usually just perceptible to the naked eye having dark green watersoaked halos up to 3mm in diameter. In severe cases the halos coalesce, but the necrotic spots never grow beyond 1mm in size (Pasberg-Gauhl, 2000). The causal

* Plant Pathologist, Private Researcher, San José, Costa Rica, Central America. P.O. Box 633-6150 Santa Ana, Costa Rica. Tel: (+506) 232-0037; Fax: (+506) 231-4749; E-Mail: cpasberg@racsa.co.cr.

agent of FS, which was also called 'swamp-spot' or 'speckle' in Jamaica (Meredith, 1961), so far reported in the literature, is the fungus *Deighthoniella torulosa* (Syd.) M.B. Ellis (Stover, 1972; Wardlaw, 1972).

During the last 15 years FS problems have increased in some areas in Central America. Therefore in 1998, in Costa Rica, research into FS has been resumed. The presence of microorganisms associated with FS symptoms was studied in several experiments. There were, however, some doubts *D. torulosa* being the major causal agent of FS, since it was almost impossible to isolate this fungus from FS symptoms. Out of 920 isolations from speckling symptoms realized in 1998 and 1999, only two were identified as *D. torulosa*. In total, 32 different sporulating fungal species were isolated, most frequently *Colletotrichum* spp. and *Fusarium* spp. (C. Pasberg-Gauhl, unpublished data). For ten of them (the other were not tested) Koch's postulates were fulfilled demonstrating that many different fungi are capable to cause FS symptoms (Pasberg-Gauhl, 2000). In addition, pests (insects and mites), physiological factors (plant stress) and agrochemicals, individually or in combination, may impact young fruits and thus may cause different types of speckle-like symptoms. Therefore FS is now regarded as a symptom complex of naturally and non-naturally induced speckle-like symptoms (Pasberg-Gauhl, 2000; in press a, b) which Jones (1999) called 'Central American speckle'. However, in Costa Rica, FS problems were associated most frequently with fungal infections (Pasberg-Gauhl, 2000). Materials and methods how to diagnose FS have been presented in detail elsewhere (Pasberg-Gauhl, 2000; in press a, b). In continuation to this part of the research on FS, in this paper fruit and farm management strategies are discussed to answer the question: 'How can banana farmers reduce losses of bunches due to FS'?

2. FRUIT PROTECTION MANAGEMENT

Two key factors have been identified to remarkably reduce losses of banana bunches due to natural FS in commercial banana plantations: 1. good humidity management and 2. good inoculum management, both of the fruit under the polyethylene bag and in the plantation in general.

Also application techniques for agrochemicals need to be optimized to avoid non-natural FS damage.

2.1. Ventilation

Effects of bagging on FS severity were adverse on untreated and fungicide treated farms. On the untreated farm, the number of speckles on bunches without bags was higher than on bunches with bags. This indicates that the bags serve as physical barriers for fungal spores and conidia to reach the fruits. In contrast, in the fungicide treated farm FS severity was higher on bunches with bags (Pasberg-Gauhl, 2000). However, the number of lesions in the fungicide treated farm was lower than in the untreated farm. This is probably a consequence of a lower inoculum level in the fungicide treated plantation due to the continuous fungicide treatments for 'black Sigatoka' control. Under such conditions, higher humidity and temperature on the bunch due to bagging caused more FS on bagged bunches than on non-bagged bunches.

Banana bunches are bagged with perforated polyethylene bags to prevent peel blemishes and to create a greenhouse effect around the fruit by raising the temperature about 0.5°C (Ganry, 1975). This results in fruit maturing 3-4 days earlier and with a 1-2% increase in weight. The greenhouse effect can be intensified by reducing size and number of the perforations (Stover and Simmonds, 1991). However, if the holes are too small and not numerous enough, the ventilation of the bunch is reduced leading to an increased humidity level within the bag. Higher humidity and temperature conditions favor fungal spore germination and growth and thus higher FS severity. Guzman (Corbana, Costa Rica, pers. communication) suggested that banana bags should have about 5% of perforated area formed by holes of about 4mm in diameter.

2.2. Bagging

Unprofessional bagging - the bags are tight around the peduncle too close to the first hand, they are cut too short or left too long, bagging is done too late or bags are ruptured - favors FS development. If the bags stick on the fruit surface, edema (morphological changes of the banana peel) may be induced. If the bags are too short or bagging is done too late, the bunches remain unprotected.

If the bags are too long they may close below the apical hand leading to higher humidity within the bags and thus higher FS severity (Pasberg-Gauhl, 2000).

Only good quality bags should be used once and then discarded and recycled. The thickness of the polyethylene bag is also important: If it is too thin, the wind may blow the bags up or the bags may be damaged. If it is too thick and stiff, the fruits may be damaged through friction of the bags. The bags should be sufficiently long. They should be wide enough to hang freely when the bunch is mature and tied around the peduncle well above the first exposed hand (Stover and Simmonds, 1991). Early bagging could help to create a physical barrier to avoid natural contamination of young fruit or prevent damage by agrochemicals particularly from aerial applications. If early bagging is practiced, it is necessary to clean the bags to avoid the accumulation of fallen bracts and flower remnants.

2.3. Deflowering

In some areas the female flower remnants are removed from the banana fingers at the time of bagging. When dry, the tepals and stigma can cause scarring when touching adjacent hands. Under humid conditions these remnants are colonized by fungi like *Colletotrichum* spp., *Fusarium* spp. and others and sporulate abundantly thus creating a high inoculum within the bag (Pasberg-Gauhl, 2000). This favors FS development and additionally post harvest problems like 'peel rot', 'crown rot' and 'crown mold', since *Colletotrichum* spp. and *Fusarium* spp. are the major causal agents for these diseases (Jones, 1999). Later on the debris may fall off the fruit tip but remain lying on the fruit peel and inducing patches of FS symptoms. In order to reduce FS severity, deflowering in the field could be a useful tool of bunch hygiene management strategies (Pasberg-Gauhl, 2000).

2.4. Debudding and Dehanding

At the time of normal bagging, after all hands have emerged, the false hand - in some areas one, two or three additional small apical hands - are removed along with the male flower bud. The male bud is removed when the peduncle is at least 15cm below the last female hand by breaking the peduncle 15cm below the false hand (Stover and Simmonds, 1991). Many times while removing the

male buds and hands, the field workers create extensive wounds on the peduncles which are colonized by fungi like *Colletotrichum* spp., *Fusarium* spp. and others. Again, under humid conditions these fungi sporulate abundantly thus creating a high inoculum within the bag. This favors FS development and moreover post harvest problems like 'peel rot', 'crown rot' and 'crown mold'. In order to reduce the inoculum within the bags, the field workers should be trained to cut off the male buds and hands with a knife to leave the wounds as small as possible.

3. FARM MANAGEMENT

The several fungi causing blemishing, spotting, pitting and speckling before and after harvest are difficult and costly to control. Poor and insufficient drainage systems and poor or lacking plantation sanitation in seasons of excessive rains contribute to increased FS severity on banana fruits. As quality requirements of the fruit are becoming more stringent in the saturated banana markets and FS being still a major problem, good farm management including good drainage systems and strict sanitation is a must.

3.1. Drainage

Drainage is frequently the most neglected aspect of banana production and a major cause of low yields (Stover and Simmonds, 1991). Poor drainage is indicated by shallow root systems, small plants and fruits and high humidity within the plantation. Where high water-tables and saturated soils persist for several days the foliage is pale green. Higher humidity favors fungus development and thus FS severity. In order to reduce FS problems the drainage system within the farm should be adequate for the soil-type and water-table conditions to ensure that excessive surface and soil water is evacuated properly. In addition, the superficial drainage ditches need to be cleaned properly to avoid static water.

3.2. Weed Control

Weed control is a continuing problem of banana plantations particularly around the edges, adjacent to roadways, drainage ditches and places where nearly full sunlight can enter. Weed favors FS problems because it maintains the humidity in

the plantation particularly during the wet season when a high amount of rain water is intercepted in the weed canopy. In addition, some of the weed species might be hosts for fungi or insects contributing to the FS syndrome. Therefore regular weed control, manually or chemical, is also necessary to reduce FS incidence and severity on the banana fruits.

3.3. Inoculum Control within the Plantation

Several of the FS fungi grow and reproduce also on wilting or decomposing plant organs or residues like hanging or cut-off leaves, pseudostems or bunches which are also cut off in the field. Therefore it is important to maintain the plantation clean (plantation sanitation). In order to accelerate the decomposition process of plant residues in the farm, leaves, pseudostems and bunches should be cut into small pieces. Caution should also be taken when peduncles or rejected banana fingers from the packaging stations are brought back as manure into the plantation, because a source of new inoculum may be introduced into the plantation. Deflowering and debudding are integrated components of farm sanitation.

When renovating plantations in blocks a lot of plant material is produced at the same time because the plants grow uniformly. These plants form a dome with a very dense foliage canopy shading the ground, reducing ventilation within the plantation and thus increasing the humidity level. These conditions may provoke severe outbreaks of FS. Careful fungicide treatments of the bunches may help to reduce the risk of FS outbreaks. However, fungicides applied inadequately on the fruit may burn the banana fingers and thus increase FS problems.

3.4. Pruning and Population Adjustment

If replanting within an established farm is not planned and done properly, the plant density might be too high in such an area, thus also forming a dome of plants with a very dense foliage canopy with reduced ventilation conditions (ranchos), which may also provoke a hot spot of FS. Similar effects can be observed when mats are not pruned properly and too many followers are left on the mother plant.

4. APPLICATION OF AGROCHEMICALS

Under good farm management conditions usually there are no problems if agrochemicals are applied by aircrafts. However, sometimes chemical burn on banana bunches can be observed, if conditions of aerial applications were inadequate with temperatures above 28°C and wind speeds higher than 8km/h. Generally non-natural FS symptoms caused by agrochemicals can be observed already four hours after the application. Such symptoms are unevenly distributed on the bunch and do not grow in size and number during bunch development.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to thank BASF de Costa Rica, Bandeco, Costa Rica (Del Monte) and Bandegua, Guatemala (Del Monte) for their support and assistance.

REFERENCES

- Jones, D.R. (ed.) 1999. Diseases of banana, abaca and enset. CABI Publishing. New York. USA. 544pp.
- Ganry, J. 1975. Influence du gainage des régimes du bananier avec une housse de polyéthylène sur la température des fruits dans les conditions de Neufchâteau (Guadeloupe). *Fruits*, 30, 735-738.
- Meredith, D.S. 1961. Fruit-Spot ('Speckle') of Jamaican bananas caused by *Deightonella torulosa* (Syd.) Ellis. Symptoms of disease and studies on pathogenicity. *Trans. Brit. mycol. Soc.* 44 (1), 95-104.
- Pasberg-Gauhl, C. 2000. 'Fruit speckling' on bananas in the Atlantic zone of Costa Rica. BASF. Limburgerhof. Germany. 28pp.
- Pasberg-Gauhl, C. (in press, a). Studies on the epidemiology of 'fruit speckling' on banana in Costa Rica. In: Seminar Proceedings of the 14th Meeting of the Association for Cooperation in Banana Research in the Caribbean and Tropical America (ACORBAT), held in San Juan, Puerto Rico, 30. July - 01. August 2000. 10pp.
- Pasberg-Gauhl, C. (in press, b). Studies on the causal agents of 'fruit speckling' on banana in Costa Rica. In: Seminar Proceedings of the 14th Meeting of the Association for Cooperation in Banana Research in the Caribbean and Tropical America (ACORBAT), held in San Juan, Puerto Rico, 30. July - 01. August 2000. 10pp.
- Stover, R.H. 1972. Banana, plantain and abaca diseases. Commonwealth Mycological Institute. Kew. England. 316pp.
- Stover, R.H. and Simmonds, N.W. 1991. Bananas. Longman. Harlow. England. 468pp.
- Wardlaw, C.W. 1972. Banana diseases. Longman. London. England. 878pp.

Musa fruits pre- and post-harvest

G. Self^{*}

I NTRODUCTION

The international trade in bananas has a long, uniquely colourful history that sets it apart from trade in other fruits. The dessert Cavendish banana, and before it the Gros Michel, has been one of the most popular fruits in northern countries for many years, although few people there are aware of the importance of *Musa* fruits as a staple food for many millions of people. From 1995 to 2001, it was my privilege to work on *Musa* at the Honduran Foundation for Agricultural Research (FHIA) at La Lima². From before and during that time, Phil Rowe was a friend and a colleague.

In this paper I have tried to present what I think are important themes in postharvest *Musa* research. It is therefore more a personal commentary than a traditional review of postharvest biology and technology, for which the reader is referred to Marchal (1998), Turner (1997), John and Marchal (1995), Thompson and Burdon (1995), Seymour (1993), Hassan and Pantastico (1990), Marriott (1980) and Palmer (1971).

Recent changes in the global market for fresh fruits and vegetables have had a major impact on the banana and plantain industries. Food safety, environmental and social concerns mean that governments, the market and the industry itself now increasingly specify how crops should be produced, as well as the characteristics of the final product. Segmentation of the market means that retailers now offer fruit of varieties other than Cavendish and fruit grown under non-traditional production systems. New hybrids from *Musa* breeding programmes produced as alternatives to local varieties threatened by diseases need thorough postharvest evaluation. Market demands for guaranteed, high quality fruit has led to research on how quality develops during fruit growth. The importance of pre-harvest factors, including spatial and temporal variation, on quality development and other postharvest characteristics is recognised,

but mechanisms are poorly understood. The management of green-life is critical to the success of *Musa* production and marketing, but despite considerable progress at the molecular level in understanding the mechanisms of maturity and ripening, how these processes are affected by the environment, climate and management practices both pre- and post-bunch emergence is poorly understood. These developments pose a number of problems for the *Musa* postharvest research and development community.

THE MARKET

Two important issues for the European fresh fruit and vegetable market in recent years have been food safety and segmentation. Concerns over food safety have had a significant impact on the *Musa* industry, while segmentation has created new opportunities for producers.

Food safety and certified production

In recent years the perceived, and possibly the actual, risk of food poisoning from fresh fruits and vegetables has increased and has been associated with the intensification of agricultural and horticultural production and increased international trade, particularly from the tropics. High profile outbreaks of food poisoning related to fruits and vegetables, concerns about pesticides and health scares related to other foods, such as British beef, have made consumers more aware of food safety. At the same time, issues such as deforestation, global warming, ozone holes, the loss of biodiversity, the pollution of land and water resources, and the disposal of waste products have made people more aware of the environment. Many consumers are now also more aware of issues such as poverty reduction, child labour, the provision of health and education services and the status of women, and want products that have been produced under equitable conditions.

* Cirad-Flhor, TA50/PS4, Boulevard de la Lironde, 34398 Montpellier, France. <guy.self@cirad.fr>

The heightening of awareness of these issues has resulted in demands from governments, retailers and consumer groups for effective guarantees that the food supply chain presents a minimal risk to public health. This has resulted in the development of concepts, such as Good Agricultural Practices (GAP), that specify how crops should be produced to have minimal health risks. Existing concepts for ensuring the safe production of food, such as HACCP (Hazard and Analysis and Critical Control Points), have been applied specifically to fresh fruits and vegetables. Environmental concerns have led to the development of organic or bio production schemes, environmental management systems, such as ISO 14000, and the evolution of integrated crop management from integrated pest management. The desire for trade to be equitable has led to Fair Trade schemes, such as the Max Havelaar Foundation³ in the Netherlands, which began with coffee, but now includes many other crops including bananas. Other production schemes developed by industry groups, such as Eurepgap⁴, and special interest groups, such as the Rainforest Alliance⁵, combine food safety, environmental and social concerns.

The adoption of such production schemes, while not yet mandatory, has become practically obligatory for some markets, which can require third-party verification of compliance with the scheme. Many producers have had to modify their production and handling systems as a result. Most large packing operations have for some time recycled the bunch stem, but now also recycle water and better control plastic and other waste products. Many have reduced total water consumption and pesticide use by, for example, applying fungicides to the crown with a brush, and have provided better facilities for workers. Many of these changes are evident in the packing stations newly built and renovated in Honduras after Hurricane Mitch in 1998. The advantage to the producer of such schemes is entry to a market in which the product is identified by a trademark designed to aid product placement and differentiation and to add value to the product. However, at present I suspect that so many different types of production scheme is confusing for the smaller producer. The situation where a producer is excluded from a market, because he is producing fruit under a different scheme from the one required

by that market, even though it may be equivalent in all essential aspects, should not be allowed to develop. Production schemes should be flexible to accommodate smaller producers who are unable to implement complicated and expensive systems. The FAO, for example, recognises the difficulties that small businesses have in implementing HACCP systems and aims to ensure that a requirement for HACCP does not become a trade barrier. In the future, a degree of rationalisation of schemes and agreements on their equivalency will, I hope, benefit the smaller producer. A current, long-term study in France by INTERFEL⁶ (the Inter-professional Association of the Fresh Fruit and Vegetable industry) on market segmentation indicates that the need for clarification, not least for the consumer, is recognised within the industry.

The changes in the market described above have forced large producers in particular to modify their practices to the benefit of the environment, the workforce, the consumer and I suspect the producers themselves. However, small growers producing for local markets have not been immune from some of these trends. Retailers and consumers in developing countries increasingly demand better quality and improved safety. In trials in Honduras⁷ and Peru⁸, dessert bananas and plantains produced to a high standard, properly ripened and carefully transported sold very quickly for premium prices. Plantain processors in Honduras are also making demands on producers for guaranteed quality and safety and are buying under contract in return. As a result, local growers have been interested in adopting better production and handling practices to take advantage of market opportunities.

Market segmentation

In France, INTERFEL is conducting market research into segmentation with the objective of constructing a conceptual framework for producing a diversified market that is easily understandable to consumers⁹. It has defined three levels of product quality and within these, seven market segments based on whether the product is to be eaten immediately or later, and whether it is an assisted or self-service sale. The three levels of quality are:

- *Standard quality (assisted and self-service sales)*
 - fruits and vegetables produced under the minimum legal requirements for trade that are bought by consumers for which price is the most

- important consideration,
- *Guaranteed quality (assisted and self-service sales for immediate and delayed consumption)* – fruits and vegetables produced under a voluntary code of practice that addresses environmental and food safety concerns,
- *Differentiated quality* – fruits and vegetables of guaranteed quality that further cater for the more discerning consumer. This category includes organic produce, new varieties and equitable trade produce.

Thus within the European market, segmentation is seen as a way of ensuring continued growth, of adding value to produce, of better catering for the increasingly diverse concerns of consumers and of benefit to the entire production and supply chain.

Although roughly 97 to 98 of every 100 bananas sold in Europe are still classically produced Cavendish fruit (Table 1), segmentation in the market is occurring with respect to size, variety and production and handling methods. In the UK and France, fruits of different sizes are targeted at different consumer groups. Small fruits are targeted at young people of between 12 and 17 years, 74% of which eat bananas at least once a week. Del Monte offers Junior, Premium and Jumbo fruits to cater for all appetites. Junior fruits are sourced from Cameroon and Jumbo fruits from Costa Rica. In the UK, the banana has been heavily promoted as a natural, healthy, ready-to-eat food with advertising campaigns featuring popular sports personalities. Plantains have long been available in Europe at ethnic stores, but are now carried in some supermarkets. Lady Finger (AA)-type and red and pink bananas are also now offered and occasionally apple-type bananas. The first Fair Trade bananas in Europe were introduced in the Netherlands in 1997 under the label “Oké”, and came principally from Ghana and Ecuador. They

captured 17% of the market in less than six months. Similarly in Switzerland, Fair Trade captured 13% of banana sales within two months of their introduction¹⁰. The market also offers organic bananas and those produced under voluntary industry schemes, such as Eurepgap, and international norms, such as ISO 14000. In Switzerland, for example, during the last three years the supermarket chain Migros has concentrated on the issues of freshness, price, food safety and segmentation, and in 2001 achieved sales growth of 8% generated by higher prices and volumes. Migros now offers fruits and vegetables produced under organic and integrated crop management schemes. In 2001, sales of organic produce were 225 million euro from a range of 700 products, an increase of 35% in one year. In the same year, sales of produce from integrated crop management schemes were almost 100 million euro, while sales of fair trade products under the Max Havelaar trademark were 15 million euro, of which 50% was sales of bananas¹¹.

Traditionally, bananas are offered to consumers loose and most still are, but increasing volumes are being pre-packed and marketed under tags, such as “Rik et Rok” for Junior bananas at Auchan in France and “Blue Parrot Café” bananas at Sainsbury in the UK. Pre-pack labels are bar-coded, carry nutritional and country of origin information and “Display until” dates. A further development in pre-packaging is the combination of ripe and unripe fruits in the same pack, marketed under tags such as “4 Now, 4 Later” and “Eat Me, Keep Me” from Tesco in the UK (Figure 1).

Further opportunities for small growers and grower groups to supply non-Cavendish banana types produced under various production methods to the market would be a welcome outcome of segmentation (de Lapeyre de Bellaire, 2000).

Table 1. Volumes of different *Musa* types sold in the European Union in 2000.
(Source: L'ECHO DES MIN, N°176, Fevrier, 2002)

Type	Example	Volume (T)
Dessert	Classically produced Cavendish fruit	3 900 000
	Of which: Fair Trade	18 000 (0.5%)
	Organic	30 000 (0.8%)
Exotic	“Lady Finger” type dessert fruit	A few 000
	Red or pink dessert fruit	A few 000
Cooking	Plantains	25 000
Processed	Banana chips	10 000



Figure 1 a) Ripe and unripe bananas in the same pack, marketed under the tag “4 NOW, 4 LATER”. b) A ripe and semi-ripe mango in the same pack, marketed under the tag “EAT ME, KEEP ME”. Tesco Supermarkets, UK.

Postharvest research

The introduction of new varieties and fruit from different production schemes to the market has presented postharvest researchers with specific problems to solve.

Characterisation of new hybrids and varieties new to the market

The fruits of new hybrids and varieties new to the market can generally not be handled in the same way as Cavendish fruits and postharvest systems have to be adapted. This involves making a postharvest characterisation (Dadzie, 1998; Dadzie and Orchard, 1997), which includes investigations into harvest maturity, storage temperatures and conditions (Sarkar et al, 1997), transport and ripening conditions (Ranawaka and Wijeratnam, 2000), shelf-life, organoleptic characteristics (Ngalani and Tchango, 1996) and optimum eating stage. For example, Santos and Chitarra (1998) determined that the optimum age to harvest Brazilian Prata bananas to give good quality fruits with an adequate green-life for marketing at 22 °C was 105 days after flowering. Paull (1996) determined that storing fruits of the dwarf Brazilian banana Santa Catarina Prata (*Musa* sp. AAB) for two weeks at 15 °C before ripening at 25 °C reduced finger drop. Ripening at 17.5 °C or holding for one day at 25 °C before ripening at 17.5 °C also reduced finger drop, from almost 100% to less than 10%. Ethylene treatment for one day at 25 °C also reduced finger drop in fruits subsequently ripened at 15 °C or 17.5 °C.

Harvesting less mature fruits also reduced finger drop. Rahman et al (1995) and Wei YuQing and Thompson (1995) found that sealing the fruits of an AA apple banana in 100-gauge polyethylene film at 13 to 14 °C extended the storage life sufficiently to allow sea rather than air shipments to Europe, provided that the film was sufficiently permeable to prevent CO₂ levels from becoming toxic to the fruits. The yellowness of the fruits was not affected by temperature over the range 14 to 25 °C, but fruits ripened at 14 to 18 °C retained more peel green colour when fully ripe. Fruits ripened at lower temperatures were firmer in texture, but 20 °C was found to be the ideal ripening temperature with regard to flavour. In Australia, Seberry and Harris (1996) showed that FHIA-01 (AAAB), or Goldfinger, fruits grown in Queensland compared to Williams (AAA) fruits had a shorter green-life (though still adequate for internal markets), had a longer shelf-life at 20 °C, softened more quickly during ripening with a slower conversion of starch to sugar during the early phases of ripening and did not develop their optimum eating quality until the peel was fully yellow. When grown under sub-tropical conditions in New South Wales, Goldfinger fruits could be ripened successfully using ethylene at the same temperature and relative humidity used for Williams and Lady Finger (AA) bananas. Consumer acceptance of Goldfinger was sufficiently positive for it to be released to the Australian banana industry by the Queensland Banana Variety Evaluation Committee.

Technology development for new production methods

An obvious requirement for alternative production schemes is that the fruit should be of similar quality to that produced traditionally. Nyanjage et al (2000) compared organically grown and conventionally grown Cavendish fruits. They found that yellow peel colour developed faster in organic than in conventional fruit treated with Ethrel and ripened at 22 to 25 °C. Conventional fruit had a higher pulp to peel ratio, but there were no differences in the total soluble solids contents of the pulps. The peel of conventional fruit contained more nitrogen and phosphorous than that of organic fruits, but differences in the mineral nutrient contents of the pulps were less pronounced.

Of particular interest to the organic banana industry is research into the non-chemical control of crown rot and anthracnose (Mustaffa and Sathiamoorthy, 2001). The postharvest problems associated with organic production and marketing are considerable. Alvindia et al (2000) found incidences of crown rot (86%), anthracnose (83%), freckle (71%), finger stalk rot (56%), finger rot (11%) and finger end rot (3%) in non-chemical bananas imported into Japan from the Philippines. Twenty-five fungal genera were associated with these disease symptoms, the dominant fungi being *Fusarium* (49%), followed by *Colletotrichum* and *Penicillium* (8%), *Verticillium* (7%), *Cylindrocarpon* (5%), *Cladosporium* and *Glomerella* (4%), *Thielaviopsis*, *Pestalotiopsis*, *Lasiodiplodia*, *Phoma* (3%), and *Phomopsis* and *Aspergillus* (1%). These fungi are normally controlled with fungicides such as thiabendazole and imazalil, and one logical approach towards integrated crop management is to reduce the amounts of fungicides used (de Lapeyre de Bellaire and Nolin, 1994). Rational fungicide use is important in the attempt to avoid the emergence of resistant fungal strains (Gouot, 1998). This is not generally considered to be a problem for the control of crown rot and anthracnose, but thiabendazole-resistant isolates of *Colletotrichum musae* are known to exist (Khan et al, 1999; de Lapeyre de Bellaire and Dubois, 1997). The attempts to find alternatives to synthetic chemical control can be divided into physical methods, alternative chemical treatments, the use of resistant

hybrids and bio-control (Krauss and Johanson, 2000).

Hot water treatments have been successful in controlling the crown rot fungi *Chalara paradoxa*, *Fusarium proliferatum* and *Colletotrichum musae* on Santa Catarina Prata (AAB), Williams Cavendish (AAA) and Dwarf Cavendish (AAA). An immersion treatment of between 45 °C and 50 °C for between 15 and 30 minutes is needed for control (Reyes et al, 1998; Lopez-Cabrera and Marrero Dominguez, 1998) and does not affect subsequent quality. The inhibitory effect appears to be due to the prevention of spore germination, although the production of antifungal compounds by fruit tissues has not been ruled out (Lopez-Cabrera and Marrero Dominguez, 1998). Treatments above 50 to 55 °C cause severe skin scald, disrupt the conversion of starch into sugars, possibly by disrupting ACC oxidase activity in the peel, and increase chilling susceptibility (Reyes et al, 1998; Lopez-Cabrera and Marrero Dominguez, 1998; Marrero Dominguez et al, 1998). The susceptibility to heat injury varies during the year (Reyes et al, 1998). Pesis et al (2001), working with *Musa* sp. (AAA) cv. Ziv, found that a 48-hour treatment at 2% oxygen was effective at preventing postharvest decay during subsequent storage, ripening and shelf-life compared with a thiabendazole control treatment. In addition, ripening was retarded and chilling injury symptoms reduced without any impairment of taste. Indeed, acetaldehyde and ethanol contents were lower than in the control (see also, Hill and ap Rees, 1995; Nair et al, 1996).

Khan et al (1999) tested nine antioxidants on one thiabendazole-resistant and one susceptible isolate of *Colletotrichum musae*. The chemicals were ascorbic acid, propionic acid, benzoic acid, butylated hydroxyanisole (BHA), butylated hydroxytoluene, propyl paraben (PP), propyl gallate (PG), dimethyl sulphoxide and thiourea. BHA, benzoic acid, PP and PG showed the most promise as control agents *in vitro* at a concentration of 1 mM. *In vivo*, BHA was most promising at low concentrations in combination with imazalil, benzoic acid and PP causing a strong suppression of anthracnose lesions and crown rot development. Indrakeerthi and Adikaram (1996) attempted to develop a natural fungicide from papaya latex. They report that the treatment of boxed banana crowns pre-inoculated with a mixture of *Fusarium* sp. and

Colletotrichum musae conidia completely inhibited crown rot development. However, a dip treatment of unripe fruit with the same product increased the incidence of anthracnose.

There are no hybrids that have been produced specifically to be resistant to postharvest diseases, but in one study, FHIA-01 and FHIA-02 were found to be at least partially resistant to crown rot fungi (Marin et al, 1996a).

The bio-control of crown rot and anthracnose has progressed on two fronts. One component has been research into the pathogens themselves, particularly *Colletotrichum musae* and *Fusarium* spp., which provides the biological basis for the development of control strategies. The pattern of fungal contamination of the banana bunch during its development has been studied in Guadeloupe (de Lapeyre de Bellaire and Mourichon, 1997, 1998; de Lapeyre de Bellaire et al, 2000). Flower parts are the main source of inoculum for *Fusarium* spp., and both flower parts and the last bunch bract for *Colletotrichum musae*. Primary inoculum reaches the flower parts and the last bunch bract by rain splash of conidia, transport by insects and the aerial dissemination of ascospores. Sporulation occurring on the young flower parts and on the last bunch bract provides heavy secondary inoculum. Most conidial production occurs during the first 30 to 40 days after bunch emergence and is reduced by removing the flower parts and bracts at emergence. Disease incidence is strongly correlated with the cumulative rainfall over the first 35 days of bunch growth and is reduced by plastic sleeves that do not reduce the quantity of inoculum present, but which prevent rain water trickle from spreading inoculum from the flower parts to the fruits. These studies indicate that bio-control strategies for crown rot and anthracnose based on the application of antagonistic microorganisms should examine the possibility of pre-harvest applications as well as postharvest ones.

The development of bio-control agents based on antagonistic microorganisms involves a number of steps. East and Kenyon (1998) isolated over 150 strains of fungi pathogenic to banana fruits, principally of *Colletotrichum* and *Fusarium*, against which to test putative control agents using a bioassay system developed by Krauss (1996) and improved by East. A large number of bacteria and fungi antagonistic to pathogenic postharvest fungi

have been isolated in recent studies by Costa et al (1997), Costa and Subasinghe (1998), East and Kenyon (1998) and Krauss et al (1998). Whilst many of the putative control agents have been effective against single-strain pathogens *in vitro*, they have not always controlled postharvest diseases when tested in trials with naturally infected or inoculated fruit¹², where the agent is confronted by a diverse mixture of pathogens (Krauss et al, 2001). It appears that antagonists are selectively effective against different strains of a pathogen depending on the relative importance of the mechanism of action in that particular combination, whether parasitism, antibiosis or competition. More effective control is obtained when mixtures of antagonists with complementary modes of action are used (Krauss et al, 2001).

The introduction of new hybrids

Breeding programmes in Africa, South and Central America and the Caribbean have produced many new *Musa* hybrids, but other than in some notable exceptions such as Cuba, they are not as widely grown as they could be. The main objective of breeding programmes has been to produce varieties that are resistant to diseases and pests, which threaten many local, susceptible varieties around the world (Ploetz, 1998). The effects of black Sigatoka for example on yields and therefore the livelihoods of many millions of people can be devastating. Improved postharvest characteristics are not usually among the primary aims of breeding programmes, and it can be necessary to make further crosses with a promising new hybrid to introduce an adequate green-life or good organoleptic qualities, as is being done for FHIA-25, a secondary triploid cooking banana¹³. In the future, genomic and molecular marker studies, genetic transformation and plant regeneration technology may allow the introduction of specific postharvest traits into promising hybrids (Assani et al, 2001; D'Hont et al, 2000; Kaemmer et al, 1997; May et al, 1995). There is clearly a need for the new hybrids produced to be thoroughly tested at multiple locations to ensure that their resistance or tolerance to pests is robust, that they have adequate if not superior agronomic and postharvest characteristics and that they are acceptable to local consumers (Cull, 1995). This important work is

coordinated by INIBAP¹⁴ under the umbrella of IPGRI¹⁵. Producing new hybrids, however, is only half the task and introducing them to growers, exporters, processors and consumers can be just as difficult as breeding them (Akele et al, 2000).

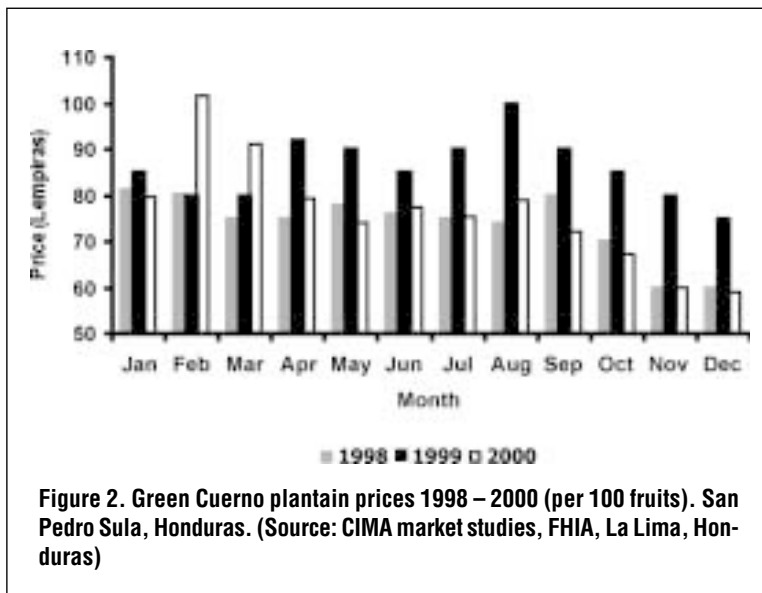
FHIA-20 (AVP-67 x SH-3437) and FHIA-21 (AVP-67 x SH-3142) are French type plantains produced by the Banana and Plantain Breeding Programme at FHIA. FHIA's experiences in introducing them to growers, the industry and consumers yielded some important lessons that may be useful in introductions of other new hybrids. During the early 90's, FHIA-21 was promoted in Honduras as a higher yielding substitute for the local false horn variety called Cuerno. It was widely planted and some growers and processors made successful export shipments of fresh fruit to the US and of plantain chips to the Dominican Republic and Mexico. However, many growers and processors began to complain that FHIA-21 was not like Cuerno and was no good for processing. It became widely reported that FHIA-21 did not perform well in the first ratoon, that it could be affected by black Sigatoka under some conditions, that transport damage was greater because of a more delicate peel, that the peel was pale and less attractive, that the pulp to peel ratio was less, that it was difficult to peel, that chips absorbed more oil during frying, stuck to the processing racks and didn't taste as good. Such a highly critical atmosphere developed around FHIA-21 that some plantations were cut down and FHIA suffered as a consequence of the negative publicity. Then in October 1998 Hurricane Mitch destroyed more than 90% of the plantain industry in Honduras. Cuerno fruit and planting material became practically impossible to get. The local price of fruit rose and remained high for more than a year (Fig. 2). Imports could not satisfy demand and consumers and processors began to look for alternatives. FHIA now promoted FHIA-20 and FHIA-21 not as substitutes to Cuerno, but as alternatives, and initiated rapid post-Mitch multiplication programmes for *all three* plantains. It was made clear that it is not possible to produce these hybrids as if they were Cuerno. The specific characteristics of each and the changes to traditional production and handling systems needed to manage them successfully were explained. The market responded to the lower pulp

to peel ratio by paying less for FHIA-20 and FHIA-21 fruit, but because of their greater yield growers still make more from them than Cuerno. In addition, some processors negotiated contracts with growers to supply peeled fruit. The industry itself developed techniques for successfully processing FHIA-20 and FHIA-21, and developed unique products from both hybrids, green and ripe, for local and export markets. Small-scale processors began to produce FHIA-21 chips in large quantities and, contrary to what some had believed, market acceptance was positive to the point that they are now specifically sought out by some consumers. In addition, a multinational company is producing FHIA-21 chips in Colombia, the Dominican Republic and Mexico.

Two important lessons derive from these experiences. The first is that it may be better to promote new hybrids as alternatives to local varieties rather than as substitutes for them. It then becomes easier to explain the need for any changes to established production and handling practices. Growers feel that are in control and have a choice of what to plant, rather than being told that they should plant a new hybrid that is far better than the one they know. Secondly, just because the market says so, does not necessarily mean that a hybrid is unacceptable, and it should not result in good hybrids being overlooked because of an initially poor reception. Breeding programmes should consider carefully the weight placed on the results of consumer acceptability studies when setting breeding objectives (e.g. Ssemwanga and Thompson, 1994). Conditions can change and when it needs to be, the market can be extremely resourceful and adaptive, and consumers can find themselves pleasantly surprised. Finally, we found that taste panels at FHIA reacted differently to new hybrids depending on whether or not the local variety product was offered in the test. Consumers may not readily adopt a new hybrid until the local variety actually becomes unavailable.

PRE- AND POST-HARVEST CROP MANAGEMENT

There has traditionally been a division between pre- and post-harvest crop studies. The literature is full of experiments that ended with a measurement of yield at harvest, but which would have given



The development of fruit quality

The concept of quality is broad and it is important to define quality in a given situation to avoid confusion between different parts of the production and supply chain (Chillet and de Lapeyre de Bellaire, 1996). Agronomic practices to manipulate yield and fruit size, such as planting density, shading, sucker management, leaf-number management, dehiscing, bagging and bud removal (Irizarry et al, 1992), have a basis in classical crop physiology (Morse and Robinson, 1996; Eckstein et al,

1995; Eckstein et al, 1997) and in assimilate supply and partitioning (Daniells et al, 1994). However, how carbon and water fluxes affect fruit quality apart from growth have not been investigated in *Musa*, although they are receiving considerable attention in other crops such as tomato and peach (Bertin et al, 2001; Genard and Souty, 1996; Genard et al, 1999; Guichard et al, 2001; Henton et al, 1999).

It has been found in several crops that fruit development, quality and postharvest characteristics can be manipulated by controlling irrigation. In Braeburn apples, reducing water supply advanced fruit maturity, increased total soluble solids (TSS) content and firmness, but had no effect on titratable acidity. The differences in TSS and firmness were first apparent during fruit growth before the onset of ripening (Mpelasoka et al, 2001). Similar effects were found in Anna apples, except that acidity was also affected by soil moisture stress (Abdel-Nasser and El-Shazly, 2000). In tomato, reducing the water supply increased the fruit contents of sugar, ascorbic acid (vitamin C), titratable acid and C6 aldehyde aroma volatiles (Veit-Kohler et al, 1999). In Thompson seedless grapes, reducing irrigation reduced total yield, but increased fruit TSS and sugar contents, but (El-Kobbia, 1999), but in a Cabernet Sauvignon wine grape, soluble sugar content was not affected by reducing water supply, although other juice

valuable information had they been continued into the postharvest phase, and similarly of postharvest experiments in which the cultivation history of the crop is not reported, presumably because it was not considered to be important.

Fortunately there is now a greater appreciation that pre-harvest factors can have significant postharvest effects. For example, in Guadeloupe it was found that the susceptibility of fruit to wound anthracnose caused by *Colletotrichum musae* was associated with the manganese content of the fruit modified by plantation altitude, soil type and acidity (Chillet et al, 2000). It is well known that the postharvest behaviour of *Musa* fruits varies during the year (e.g. Dhua et al, 1992; Marin et al, 1996b). Fruits grow more slowly during cooler months and tend to have a longer green-life than similar fruits that develop during warmer months, requiring age/grade systems of maturity control to be adjusted accordingly. The difference appears to be associated with the rate of metabolism of the fruits as measured by their respiration rate (Marin et al, 1996b), but despite the familiarity of seasonal effects, there is surprisingly little research into the mechanisms by which they occur. Therefore, although in recent years there has been more interdisciplinary research, it is still not clearly understood how many postharvest attributes are determined by the environment, climate and agronomic practices.

components were (Hamman and Dami, 2000). Plums in California demonstrated complex responses of phenology, crop growth and fruit development to deficit irrigation that depended on soil depth, when the treatment was applied and the duration of the treatment (Lampinen et al, 1995). It is not known to what extent irrigation management in plantations can be used to manipulate banana fruit quality and postharvest characteristics. Starch content, soluble solids content, texture, aroma volatiles, acidity and susceptibility to postharvest diseases could all theoretically be affected. Banks and Joseph (1991) found that the bruise susceptibility of banana fruits depended on turgidity and latex content. A reduced water supply decreases yield and shortens fruit green-life (Srikul and Turner, 1995), but it is not known whether fruits produced under deficit irrigation ripen in the same way as fruits that are water stressed after harvest (Burdon et al, 1994).

Precision agriculture and management decision tools

Musa plantations are ideally suited to precision agriculture and for many years yield has been recorded for cable number and box ratios for fields and plantations. More recently, in Ecuador for example, individual bunch weights are being recorded and related to field position. These are examples of precision agriculture, the aim of which is to generate information that can help to optimise economic and environmental management (Booltink et al, 2001; Stoorvogel et al, 2000). The recording of spatial and temporal crop data allows areas yielding below their potential or with particular disease problems to be identified and corrective action taken in a timely and efficient manner. An appreciation of variability at the field and plantation level is also important in the control of ripens and turnings. Research at FHIA, using a statistical model based on the normal distribution, demonstrated that the incidence of ripens and turnings would be greater in a plantation where the variation in green-life of the fruit was higher than in another plantation where it was less, even though the average green-life of fruit at the two plantations was the same (Self, 1998). Hughes and Wainwright (1994) found that the pulp colour, texture and green-life of Cavendish (AAA) cv. Robusta fruits of standard commercial harvest maturity

were significantly different between production sites in St. Lucia. Intra-bunch variation was insignificant in comparison. The green-life of the fruit was significantly correlated to pulp colour and texture. Understanding how apparently similar sized bunches of the same age can have different green-lives remains a critically important research objective.

The smaller producer can also benefit from management tools. A simple procedure of crop growth assessment was developed at FHIA to help small growers of FHIA-21 plantain to estimate the proportion of their crop that would fulfil a given size specification being demanded by a local processor. This information indicated to the grower whether or not he needed to modify irrigation and fertilisation and whether his dehanding strategy was correct. He could then decide whether to take corrective action if it is indicated or to sell to the local fresh market instead, which is less demanding with respect to fruit size.

POSTHARVEST BIOLOGY

Fruit growth, maturity and green-life

Green-life is perhaps the postharvest characteristic of *Musa* fruit of most practical importance. *Musa* fruits are generally transported green both for local and export markets, so that the green-life must be sufficient for the fruits to stay unripe during the entire journey¹⁶. Estimating green-life is therefore of critical importance to producers.

Fruit growth

The growth in length, caliper and circumference of parthenocarpic, edible *Musa* fruits is linear. Growth in fruit length ceases early in development, with the subsequent increase in fruit size due to radial growth (Morse and Robinson, 1996). The growth in volume, fresh and dry weight is exponential until just before ripening begins (Simmonds, 1953; Turner and Barkus, 1982), although growth can often be described as linear over short time intervals. Final fruit size depends on finger size at bunch emergence, the growth rate and in practical terms, when the fruit is harvested (Turner, 1997). The consequence for the grower of harvesting early to ensure an adequate green-life or to reduce the incidence of crown rot can significantly reduce yield. Harvesting decisions are

usually made using age/grade control systems in which bunches are individually tagged at or shortly after emergence. They are then harvested according to their age with adjustments made for size, such that larger, faster growing fruit are generally harvested first. Harvest age is adjusted during the year to account for seasonal differences (Stover and Simmonds, 1987). The relationship between fruit development and green-life is therefore central to plantation management.

Fruit maturity

When discussing green-life and harvesting, fruit growth is usually referred to in terms of maturity, but this, like quality, can mean different things in different situations. It can refer to the point in development at which a harvested fruit is able to ripen normally, when it is often said to have reached “physiological maturity”. Peacock and Blake (1970) defined maturity as “the stage of biochemical development that a fruit has reached when the climacteric rise begins”. This definition assumes that all fruits at the climacteric are biochemically similar, which may not be the case depending on whether the fruit is left on the plant to ripen naturally (when the climacteric may be far less pronounced or even non-existent), detached from it or initiated to ripen with ethylene. In practical terms, maturity is the reciprocal of the green-life; fruits with a shorter green-life are more mature. Maturity in this sense is often called “harvest maturity” and it can be estimated in several ways, including bunch emergence to harvest interval, thermal time, fruit size and pulp to peel ratio, a parameter that frequently correlates well with harvest maturity, but which has nevertheless not been commercially exploited (Turner, 1997). Components of pulp colour (Hughes and Wainwright, 1994), fruit firmness (Asoegwu, 1996), sensitivity to ethylene (Nolin, 1985) and electrical conductivity of the peel (Nolin, 1985) have also been proposed as maturity indices, although non-destructive indices are more practical than destructive ones, and those with predictive power more useful than those which indicate only that the green-life is about to end. Maturity, whether physiological, biochemical or harvest, will eventually be characterised biochemically in terms of the control of gene expression and the action of interrelated metabolic pathways including the

synthesis and reception of ethylene (see, Giovannoni, 2001), but the producer will still need methods of estimating maturity and thus green-life in the field.

Relationships between fruit age, fruit size and green-life

The most common method of estimating harvest maturity in use is that of age/grade control, which combines the bunch emergence to harvest interval and fruit size. This method is based on empirical relationships between green-life with fruit age and with fruit size. It is a general observation that older fruits have a shorter green-life than younger fruits, and that larger fruits have a shorter green-life than similar, smaller fruits. From experience, therefore, it would appear that green-life is determined by a factor related to the age of the fruit and by a factor related to fruit size. However, fruit size is directly correlated to fruit age, or time from bunch emergence, by the growth rate. So it is possible that the effects on green-life of fruit age and fruit size are not independent, but manifestations of a single process. If so, then the form of the relationship for the loss of green-life with time from bunch emergence, or the loss of green-life with fruit size, must necessarily follow given the relationship for the other factor and the growth rate function. Given that fruit growth is exponential and that the loss of green-life with time from bunch emergence is also exponential, the form of the relationship between green-life and fruit size can be derived. Given that fruit growth is exponential (e.g. Turner and Rippon, 1973), then,

$$W = w_b \exp^{rt}, \quad \text{or} \quad \ln(W) = \ln(w_b) + r.t \quad (1),$$

where W (g) is fruit weight, w_b (g) is fruit weight at bunch emergence, r (d^{-1}) is the relative growth rate and t (d) is time from bunch emergence. And given that green-life, G (d), decreases exponentially with t (e.g. Srikul and Turner, 1995), then,

$$G = g_b \exp^{-qt}, \quad \text{or} \quad \ln(G) = \ln(g_b) - q.t \quad (2),$$

where g_b (d) is the theoretical green-life of fruit at bunch emergence and q (d^{-1}) is the relative loss of green-life with time from bunch emergence. Substituting t from equation (1) into equation (2) gives,

$$\ln(G) = \ln(g_b) + q.\ln(w_b)/r - q.\ln(W)/r \quad (3),$$

which can be rewritten as,

$$\ln(G) = \ln(g_b) + m \cdot \ln(w_b) - m \cdot \ln(W) \quad (4),$$

where, m is given by (q/r) and is the ratio of the relative loss of green-life with time to the relative growth rate. It is dimensionless and can loosely be considered as a maturation factor. Equation (4) can be rewritten as,

$$G = k \cdot W^{-m} \quad (5),$$

where $k = \exp(\ln(g_b) + m \cdot \ln(w_b))$. Therefore, if green-life is determined by a single process and given exponential growth and loss of green-life with time from bunch emergence, the loss of green-life with fruit size must follow a power function. The relationships derived above are illustrated graphically in Figure 3a-c, using values for the parameters given in Table 2¹⁷.

The form for the loss of green-life with fruit size can also be calculated if the growth rate and loss of green-life with time from bunch emergence are better described by functions other than the exponential. Some possible mathematical relationships between green-life and fruit size that must hold if green-life is determined by a single process are given in Table 3 for some other combinations of functions for the growth rate and the loss of green-life with time. The table could be extended to include more complex growth functions, such as the Richard's function, if these were found to be applicable to banana fruit growth.

If green-life is determined by a single process, which can be thought of as an

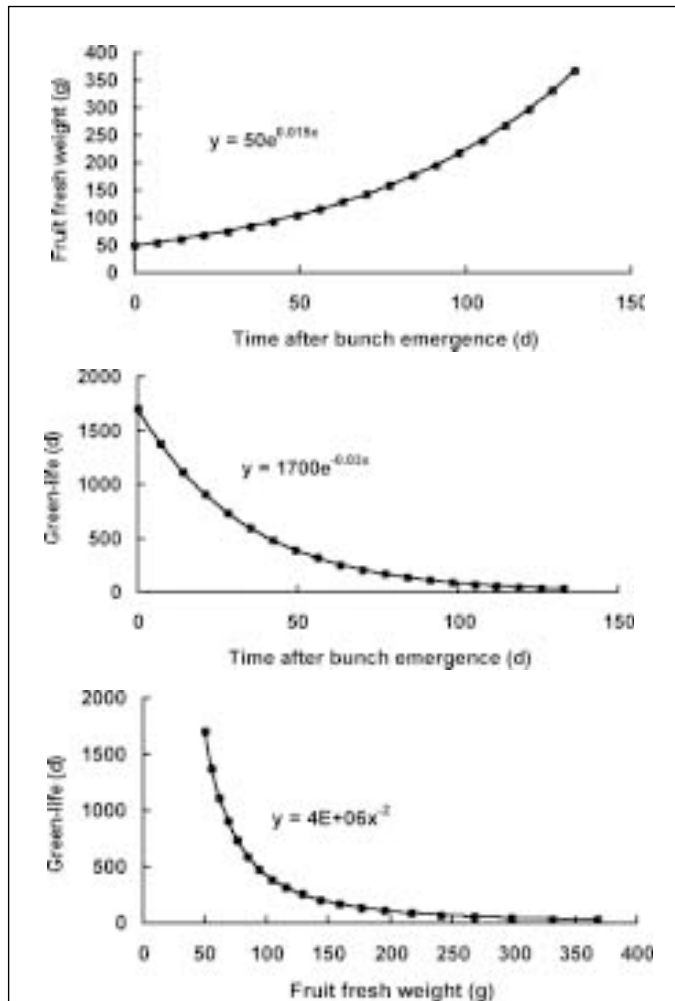


Figure 3a. The increase in fresh weight of a banana fruit growing exponentially after bunch emergence.

Figure 3b. The loss of green-life with time after bunch emergence, assuming an exponential decay.

Figure 3c. The loss of green-life with fruit size derived from the relationships in 3a and 3b. The form of the relationship is a power function. The figures were produced using equations (1) to (5) with parameters values given in Table 2.

Table 2. Values of parameters used in equations (1) to (5) to generate simulated fruit growth and loss of green-life data shown in Figure 3.

Parameter	Description	Value
w_b	Fruit size at bunch emergence (g)	50
r	Relative growth rate of the fruit (d^{-1})	0.015
g_b	Theoretical green-life of the fruit at bunch emergence (d)	1700
q	Relative loss of green-life with time after bunch emergence (d^{-1})	0.03
k	Can be thought of as the theoretical green-life at floral initiation (d)	4 250 000
$m (=q/r)$	Can loosely be considered as a maturation factor (dimensionless)	2

Table 3. Functions between green-life and fruit size that must necessarily follow from the given growth rate function and the relationship between green-life and time from bunch emergence.

	Growth rate function	Function between green-life and time from bunch emergence	Necessary function between green-life and fruit size
1	Exponential	Exponential	Power
2	Exponential	Power	Exponential
3	Linear	Linear	Linear
4	Linear	Exponential	Exponential
5	Linear	Power	Power

internal clock running independently of chronological time, then the relationships for the loss of green-life with fruit age and with fruit size are completely described by the growth rate and the relative loss of green-life with time from bunch emergence. These two factors can be experimentally altered independently of each other. Srikul and Turner (1995) found that water deficit decreased the relative growth rate while high nitrogen increased it, but both treatments increased the rate of loss of green-life with time; thus the relationship between the process determining green-life and that of fruit growth was altered by the treatments. The set of equations derived above, which assumes exponential growth and loss of green-life with time from bunch emergence, can be used to further investigate what happens to green-life relationships when the loss of green life with time changes relative to the growth rate, that is, when the relationship between the determination of green-life and fruit growth is altered. Twelve scenarios are possible depending on whether the growth rate and loss of green-life with time increase, decrease or stay the same (excluding the trivial case when both stay the same) (Table 4). The results of these scenarios are illustrated in Table 5 for the cases of fruit of the same age and fruit of the same size. For larger, same-aged fruits (which must have grown faster) to have a shorter green-life requires that both the relative growth rate and the relative loss of green-life with time increase. This can have all possible effects on the maturation factor depending on the relative magnitudes of the increases. For older, same-sized fruits (which must have grown more slowly) to have a shorter green-life requires the relative growth rate to decrease, but the relative loss of green-life with time to increase, decrease or stay the same, provided that in each case the maturation factor increases. Other combinations of changes in

relative growth rate and the relative loss of green-life with time are possible and some produce unexpected outcomes, such as larger, same-aged fruit with longer green-lives, and younger, same-sized fruit with shorter green-lives (Table 5). That these outcomes are theoretically possible may explain why age/grade control systems sometimes appear not to work or break down under certain

Table 4. Possible outcomes of changes in q and r in the ratio $m = q/r$. The outcomes are numbered from 1

		Direction of change in q , the relative loss of green-life with time		
		↑	=	↓
Direction of change in r , the relative growth rate	↑	↑ (1) = (2) ↓ (3)	↓ (4)	↓ (5)
	=	↑ (6)	=	↓ (7)
	↓	↑ (8)	↑ (9)	↑ (10) = (11) ↓ (12)

conditions or at times of the year (Montoya et al, 1984).

The above analysis describes the situation in which green-life is determined by a single process. An important result is that the green-life relationships with fruit age and fruit size are completely described by the growth rate and the relative loss of green-life with time. Changes in the relationship between the process determining green-life and that of fruit growth appear to account for practically all possible green-life scenarios. However, if the relationship between green-life and fruit size were found to deviate from the one expected given the functions for growth rate and

Table 5. Possible changes in green-life given changes in the relative loss of green-life with time (q) and the relative growth rate (r) for the cases of same-aged fruit and of same-sized fruit. Fruit of the same age will be larger or smaller depending on the change in growth rate. Fruit of the same size will similarly be younger or older depending on the change in growth rate. See text for further discussion.

Scenario	Direction of change in:			For same-aged fruits:		For same-sized fruits:	
	q	r	m	Direction of change in green-life	Effect of change in r on fruit size	Direction of change in green-life	Effect of change in r on fruit age
1	↑	↑	↑	↓	LARGER	↓	YOUNGER
2	↑	↑	=	↓	LARGER	=	YOUNGER
3	↑	↑	↓	↓	LARGER	↑	YOUNGER
4	=	↑	↓	=	LARGER	↑	YOUNGER
5	↓	↑	↓	↑	LARGER	↑	YOUNGER
6	↑	=	↑	↓	SAME SIZE	↓	SAME AGE
7	↓	=	↓	↑	SAME SIZE	↑	SAME AGE
8	↑	↓	↑	↓	SMALLER	↓	OLDER
9	=	↓	↑	=	SMALLER	↓	OLDER
10	↓	↓	↑	↑	SMALLER	↓	OLDER
11	↓	↓	=	↑	SMALLER	=	OLDER
12	↓	↓	↓	↑	SMALLER	↑	OLDER

for the loss of green-life with time, it might indicate the existence of a second process acting on green-life. Turner and Rippon (1973) and Srikul and Turner (1995) found that Cavendish (AAA) cv Williams fruit grew exponentially and that green-life decreased exponentially with time. They also found that green-life decreased exponentially with fruit size, but their findings do not necessarily support the existence of a second process, because it is not clear whether their data would have been better fitted by a power relationship as would be the case for a single process determining green-life (see Table 3). To investigate these possibilities further, experiments involving precise measurements of fruit age, fruit size and green-life during bunch development are required together with treatments that alter the growth rate and the loss of green-life with time independently (e.g. Srikul and Turner, 1995). Green-life should be measured as the time the fruit takes to reach a defined, early stage of ripeness in an ethylene-free, humidified air stream under defined conditions of temperature and light (Turner, 1997), and not on clusters together in a cold room where ethylene from one cluster can affect another. The experiments should be sufficiently replicated to allow the functions that statistically best fit the data to be unequivocally selected.

The above discussion of green-life and maturity overlooks some important considerations of fruit growth and development. For example, flower initiation and the pre-bunch emergence phase of fruit growth are ignored. It is assumed that all fruits are the same size at bunch emergence, but differences in w_b will affect W and the resulting relationships with green-life. It is not clear how the theoretical green-life at bunch emergence (g_b) and at flower initiation (k) are determined and what, if any, the physiological or biochemical bases for differences in these parameters would be. It is known that the ovary wall starts to grow soon after flower initiation when the putative bunch is near soil level inside the pseudostem and eventually forms the peel. The pulp begins to grow soon after bunch emergence when pulp initials start to divide. Pulp cell divisions cease after 2 to 3 weeks when starch deposition begins and the ovules are completely disorganised. Pulp cells then expand with an increase in intercellular air space size contributing to the increase in fruit size towards the later stages of development (Turner 1997). It is not yet known to what extent green-life and other postharvest characteristics are determined during the pre-bunch emergence phase. Similarly, it is not known how processes occurring during the cell division and cell expansion phases of fruit growth

affect postharvest characteristics. In apple, cell division rates, the duration of cell divisions and fruit expansion are sensitive to temperature (Warrington et al, 1999), but water, mineral nutrients and irradiance are also likely to be important. Jullien et al (2001a, 2001b) have studied aspects of pulp cell division and expansion in *Musa* sp. (AAA) cv. Grande Naine in relation to assimilate supply and within-bunch variability in fruit weight. Pulp-cell filling rate was affected by the source/sink ratio, while pulp-cell number was affected by resource availability and temperature. The effects of other parameters, such as water and nutrient supply, on these aspects of fruit growth and the consequences for fruit maturity and postharvest behaviour remain to be elucidated.

CONCLUSIONS AND PROSPECTS

In this review I have dealt with themes that I think are currently important in postharvest *Musa* research and development. Workers in *Musa* postharvest must be aware of developments in the plantation and the market. Changes in production and handling methods, directed by market trends, demand particular solutions of postharvest research and technology development, such as the non-chemical control of postharvest diseases and possibly ripening, and new packaging technologies. *Musa* breeding programmes will continue to produce new hybrids for both local and export markets, where at last there appears to be opportunities for them. So there will continue to be a need for postharvest researchers to characterise new hybrids, but can it be done more quickly and efficiently? Are there molecular markers for postharvest characteristics that would allow the rapid screening of progeny? Further advances in molecular breeding and biotechnology may enable the introduction of specific postharvest traits into new *Musa* hybrids, and may allow ethylene production and reception to be manipulated. Pre-harvest effects on postharvest characteristics need to be further studied. For example, the physiological and biochemical bases of variability in fruit maturity and other postharvest characteristics (such as fruit quality) caused by season, the environment and management practices are not well understood. Understanding the reasons for such heterogeneity so that it can be reduced will increase quality and decrease

postharvest losses. Further work remains to be done on fruit maturity and green-life both at the basic and practical levels. Effects on maturity and green-life and other postharvest characteristics due to the pre-bunch emergence, the pulp-cell division and cell filling phases should be studied, although the practical difficulties are considerable. At the basic level, the molecular biology of fruit maturity and ripening has been extensively researched over the last ten to fifteen years largely in tomato, *Aribadopsis* and strawberry (Giovannoni, 2001). The considerable understanding gained now needs to be applied to *Musa*. Although *Musa* is genetically complex, there is surely much practical and basic knowledge still to be learned from comparative studies of different *Musa* genomic groups and the study of closely related hybrids and their parents. Finally, research into techniques to prolong the storage and shelf-life of *Musa* fruits and to preserve fruit quality, such as controlled atmosphere storage, modified atmosphere packaging and the use of ripening inhibitors such 1-MCP should be continued, although compounds such as 1-MCP are perhaps more useful as tools in physiological research than they are as practical postharvest treatments, particularly in the current regulatory climate. In the future, the multidisciplinary study of *Musa* from the ecophysiological to the molecular and genomic levels will continue to contribute the means for technical solutions to many of the problems faced by both large and small-scale producers.

Although *Musa* is a fascinating crop to work with, the final goal of *Musa* research and development is surely the efficient production of a food, for many people a staple food, with minimal environmental impact and postharvest losses, preferably to be traded in an equitable market. If we could achieve this, I think Phil Rowe would be happy.

ACKNOWLEDGEMENTS

My thanks are to Adolfo Martinez, Dale Krigsvold, Gene Ostmark, Hector Aguilar, Hector Banegas, Mauricio Rivera, Leonel Castillo, Silvio Belalcazar and Eric Imbert.

REFERENCES

- Abdel-Nasser, G. and El-Shazly, S. M. (2000) Irrigation management of Anna apple trees in relation to growth, yield, fruit quality, leaf constituents and plant water relations.

- Alexandria Journal of Agricultural Research* 45(1):225-247.
- Akele, S. E. A.; Isirimah, N. U.; Brisibe, A. A. and Ortiz, R. (2000) The role of extension services for the successful introduction of new Musa cultivars in southeastern Nigeria. *Acta Horticulturae* 540:63-71.
- Alvindia, D. G.; Kobayashi, T.; Yaguchi, Y. and Natsuaki, K. T. (2000) Symptoms and the associated fungi of postharvest diseases on non-chemical bananas imported from the Philippines. *Japanese Journal of Tropical Agriculture* 44(2):87-93.
- Asoegwu, S. N. (1996) Firmness and stability of plantain fruits under ambient temperatures. *International Agrophysics* 10(1):37-41.
- Assani, A.; Haïcour, R.; Wenzel, G.; Côte, F.; Bakry, F.; Foroughi-Wehr, B.; Ducreux, G.; Aguillar, M.E. and Grapin, A. (2001) Plant regeneration from protoplasts of dessert banana cv. 'Grande Naine' (Musa spp., 'Cavendish' sub-group 'AAA') via somatic embryogenesis. *Plant Cell Reports* 20(6):482-488.
- Bertin, N.; Buret, M. and Gary, C. (2001) Insights into the formation of tomato quality during fruit development. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 76(6): 786-792.
- Booltink, H. W. G.; Alphen, B. J. van; Batchelor, W. D.; Paz, J. O.; Stoorvogel, J. J. and Vargas, R. (2001) Tools for optimizing management of spatially-variable fields. *Agricultural Systems* 70(2/3):445-476.
- Burdon, J. N.; Dori, S.; Lomaniec, E.; Marinansky, R. and Pesis, E. (1994) The post-harvest ripening of water stressed banana fruits. *Journal of Horticultural Science* 69(5):799-804.
- Chillet, M. and Lapeyre de Bellaire, L. de (1996) Development of banana quality in the field. Determining assessment criteria. Elaboration de la qualite des bananes au champ. Determination de criteres de mesure. *Fruits* 51(5):317-326.
- Chillet, M.; Lapeyre de Bellaire, L. de; Dorel, M.; Joas, J.; Dubois, C.; Marchal, J. and Perrier, X. (2000) Evidence for the variation in susceptibility of bananas to wound anthracnose due to *Colletotrichum musae* and the influence of edaphic conditions. *Scientia Horticulturae* 86(1):33-47.
- Costa, D. M. de and Subasinghe, S. S. N. S. (1998) Antagonistic bacteria associated with the fruit skin of banana in controlling its postharvest diseases. *Tropical Science* 38(4):206-212.
- Costa, D. M. de; Amaradasa, B. S. and Wegiriya, R. N. B. P. M. R. C. L. (1997) Antagonists of *Colletotrichum musae* associated with banana fruit skin. *Journal of the National Science Council of Sri Lanka* 25(2):95-104.
- Cull, B. W. (1995) Effective coordination of Musa germplasm evaluation. *Infomusa* 4(2):5-6.
- Dadzie, B. K. (1998) *Post-harvest characteristics of black Sigatoka resistant banana, cooking banana and plantain hybrids*. Inibap Technical Guidelines N°4, INIBAP, Parc Scientifique Agropolis II, 34397 Montpellier Cedex 5, France. 75pp.
- Dadzie, B. K. and Orchard, J. E. (1997) *Routine post-harvest screening of banana/plantain hybrids: criteria and methods*. Inibap Technical Guidelines N°2, INIBAP, Parc Scientifique Agropolis II, 34397 Montpellier Cedex 5, France. 63pp.
- Daniells, J. W.; Lisle, A. T. and Bryde, N. J. (1994) Effect of bunch trimming and leaf removal at flowering on maturity bronzing, yield, and other aspects of fruit quality of bananas in North Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 34(2):259-265.
- D'Hont, A.; Paget Goy, A.; Escoute, J. and Carreel, F. (2000) The interspecific genome structure of cultivated banana, Musa sp. revealed by genomic DNA in situ hybridization. *Theoretical and Applied Genetics* 100:177-183.
- Dhua, R. S.; Ghosh, S. K. and Sen, S. (1992) Standardisation of harvest maturity of banana cv. Giant Governor in West Bengal. *Advances in Horticulture and Forestry* 2:24-35.
- East, L. and Kenyon, L. (1998) Development of biological control methods for post-harvest rots of banana. In: *Brighton Crop Protection Conference: Pests & Diseases - 1998: Volume 2: Proceedings of an International Conference, Brighton, UK, 16-19 November 1998*. Pp.549-554.
- Eckstein, K.; Robinson, J. C. and Davie, S. J. (1995) Physiological responses of banana (Musa AAA; Cavendish sub-group) in the subtropics. III. Gas exchange, growth analysis and source-sink interaction over a complete crop cycle. *Journal of Horticultural Science* 70(1):169-180.
- Eckstein, K.; Robinson, J. C. and Fraser, C. (1997) Physiological responses of banana (Musa AAA; Cavendish sub-group) in the subtropics. VII. Effects of windbreak shading on phenology, physiology and yield. *Journal of Horticultural Science* 72(3):389-396.
- El-Kobbia, A. M. (1999) Growth, yield, fruit quality and leaf mineral composition of Thompson Seedless grapevines under different irrigation rates. *Alexandria Journal of Agricultural Research* 44(2):185-198.
- Genard, M. and M. Souty (1996) Modelling the peach sugar contents in relation to fruit growth. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 121(6): 1122-1131.
- Genard, M.; Reich, M.; Lobit, P. and Besset, J. (1999) Correlations between sugar and acid content and peach growth. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 74(6): 772-776.
- Giovannoni, J. (2001) Molecular biology of fruit maturation and ripening. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 52:725-749.
- Gouot, J. M. (1998) FRAC recommendations. Les recommandations du FRAC. *Phytoma* 510:7-9.
- Guichard, S.; Bertin, N.; Leonardi, C. and Cary, C. (2001) Tomato fruit quality in relation to water and carbon fluxes. *Agronomie* 21: 385-392.
- Hamman, R. A., Jr. and Dami, I. E. (2000) Effects of irrigation on wine grape growth and fruit quality. *HortTechnology* 10(1):162-168.
- Hassan, A. and Pantastico, E. B. (eds.) (1990) *Banana – Fruit Development, Postharvest Physiology, Handling and Marketing in ASEAN*. ASEAN Food Handling Bureau, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Henton, S. M.; Piller, G. J. and Gandar, P. W. (1999) A fruit growth model dependent on both carbon supply and inherent fruit characteristics. *Annals of Botany* 83: 509-514.
- Hill, S. A. and ap Rees, T. (1995) The effect of hypoxia on the control of carbohydrate metabolism in ripening bananas. *Planta* 197(2):313-323.
- Hughes, P. A. and Wainwright, H. (1994) Influence of site and fruit position on the pulp colour and texture of bananas. *Tropical Science* 34(2):211-215.
- Indrakeerthi, S. R. P.; Adikaram, N. K. B. (1996) Papaya latex, a potential postharvest fungicide. In: *Proceedings of the Australasian postharvest horticulture conference 'Science and technology for the fresh food revolution', Melbourne, Australia, 18-22 September, 1995*. Pp.423-427.
- Irizarry, H.; Rivera, E. and Rodriguez, J. A. (1992) Bunch and ratoon management for profitable production of high quality bananas (Musa acuminata, AAA). *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 76(3-4):119-130.
- John, P. and Marchal, J. (1995) Ripening and biochemistry of the fruit. In: *Bananas and Plantains*. (ed. S. Gowen) Chapman

- and Hall, London. Pp.317-381.
- Jullien, A.; Malezieux, E.; Michaux-Ferriere, N.; Chillet, M. and Ney, B. (2001a) Within-bunch variability in banana fruit weight: importance of developmental lag between fruits. *Annals of Botany* 87(1):101-108.
- Jullien, A.; Munier-Jolain, N. G.; Malezieux, E.; Chillet, M. and Ney, B. (2001b) Effect of pulp cell number and assimilate availability on dry matter accumulation rate in a banana fruit [Musa sp. AAA group 'Grande Naine' (Cavendish subgroup)]. *Annals of Botany* 88(2):321-330.
- Kaemmer, D.; Fischer, D.; Jarret, R. L.; Baurens, F. C.; Grapin, A.; Dambier, D.; Noyer, J. L.; Lanaud, C.; Kahl, G. and Lagoda, P. J. L. (1997) Molecular breeding in the genus Musa: a strong case for STMS marker technology. *Euphytica* 96(1):49-63.
- Khan, S. H.; Aked, J. and Magan, N. (1999) The potential for anti-oxidant chemicals to control Colletotrichum musae on banana fruit. In: *Proceedings, 51st international symposium on crop protection, Gent, Belgium, 4 May 1999. Part II. Mededelingen - Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen, Universiteit Gent* 64(3b):531-537.
- Krauss, U. (1996) Establishment of a bioassay for testing control measures against crown rot of banana. *Crop Protection* 15(3):269-274.
- Krauss, U.; Bidwell, R. and Ince, J. (1998) Isolation and preliminary evaluation of mycoparasites as biocontrol agents of crown rot of banana. *Biological Control* 13(2):111-119.
- Krauss, U. and Johanson, A. (2000) Recent advances in the control of crown rot of banana in the Windward Islands. *Crop Protection* 19(3):151-160.
- Krauss, U.; Matthews, P.; Bidwell, R.; Hocart, M. and Anthony, F. (2001) Strain discrimination by fungal antagonists of Colletotrichum musae: implications for biocontrol of crown rot of banana. *Mycological Research* 105(1):67-76.
- Lampinen, B. D.; Shackel, K. A.; Southwick, S. M.; Olson, B.; Yeager, J. T. and Goldhamer, D. (1995) Sensitivity of yield and fruit quality of French prune to water deprivation at different fruit growth stages. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 120(2):139-147.
- Lapeyre de Bellaire, L. de (2000) Increasing the value of West Indian banana production through the promotion of a new commercial segment: "bananas not treated after harvesting". *FruitTrop* 74:24-26.
- Lapeyre de Bellaire, L. de; Chillet, M.; Dubois, C. and Mourichon, X. (2000) Importance of different sources of inoculum and dispersal methods of conidia of Colletotrichum musae, the causal agent of banana anthracnose, for fruit contamination. *Plant Pathology* 49(6):782-790.
- Lapeyre de Bellaire, L. de and Dubois, C. (1997) Distribution of thiabendazole-resistant Colletotrichum musae isolates from Guadeloupe banana plantations. *Plant Disease* 81(12):1378-1383.
- Lapeyre de Bellaire, L. de and Mourichon, X. (1997) The pattern of fungal contamination of the banana bunch during its development and potential influence on incidence of crown-rot and anthracnose diseases. *Plant Pathology* 46(4):481-489.
- Lapeyre de Bellaire, L. de and Mourichon, X. (1998) The biology of Colletotrichum musae (Berk. et Curt.) Arx and its relation to control of banana anthracnose. *Acta Horticulturae* 490:297-303.
- Lapeyre de Bellaire, L. de and Nolin, J. (1994) Improved postharvest control of fruit rot in banana. Amelioration du controle du chancre sur les bananes d'exportation et traitements post-recolte. *Fruits* 49(3):179-185.
- Lopez-Cabrera, J. J. and Marrero-Dominguez, A. (1998) Use of hot water dips to control the incidence of banana crown rot. *Acta Horticulturae* 490:563-569.
- Marchal, J. (1998) An overview of post-harvest aspects of banana. *Acta Horticulturae* 490:501-510.
- Marin, D. H.; Sutton, T. B.; Blankenship, S. M. and Swallow, W. H. (1996a) Pathogenicity of fungi associated with crown rot of bananas in Latin America on Grande Naine and disease-resistant hybrid bananas. *Plant Disease* 80(5):525-528.
- Marin, D. H.; Blankenship, S. M.; Sutton, T. B. and Swallow, W. H. (1996b) Physiological and chemical changes during ripening of Costa Rican bananas harvested in different seasons. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 121(6):1157-1161.
- Marrero Dominguez, A.; Lopez Cabrera, J. J. and Pomar Garcia, M. (1998) Effects of hot water treatments on postharvest quality and ethylene synthesis of bananas. *Acta Horticulturae* 490:529-535.
- Marriot, J. (1980) Bananas – physiology and biochemistry of storage and ripening for optimum quality. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 13:41-88.
- May, G. D.; Afza, R.; Mason, H. S.; Wiecko, A.; Novak, F. J. and Arntzen, C. J. (1995) Generation of transgenic banana (Musa acuminata) plants via Agrobacterium-mediated transformation. *Bio/Technology* 13(5):486-492.
- Montoya, J.; Marriott, J.; Quimi, V. H. and Caygill, J. C. (1984) Age control of banana harvesting under Ecuadorian conditions. *Fruits* 39(5):293-296.
- Morse, R. L. and Robinson, J. C. (1996) Cultivar and planting density interaction with banana (Musa AAA; Cavendish subgroup) in a warm subtropical climate. I. Vegetative morphology, phenology and fruit development. *Journal of the Southern African Society for Horticultural Sciences* 6(2):49-53.
- Mpelasoka, B. S.; Behboudian, M. H. and Mills, T. M. (2001) Effects of deficit irrigation on fruit maturity and quality of 'Braeburn' apple. *Scientia Horticulturae* 90(3/4):279-290.
- Mustaffa, M. M. and Sathiamoorthy, S. (2001) Organic farming in banana - problems and prospects. *South Indian Horticulture* 49:209-213.
- Nair, H.; Adaikalavan, N. and Tung, H. F. (1996) Some physiological and protein changes during storage of bananas. In: *Proceedings of the Australasian postharvest horticulture conference 'Science and technology for the fresh food revolution', Melbourne, Australia, 18-22 September, 1995*. Pp.97-104.
- Ngalani, J. A. and Tchango, J. T. (1996) Physicochemical fruit qualities of bananas grown for self-consumption in Cameroon. Evaluation des qualites physicochimiques du fruit de bananiers d'autoconsommation au Cameroun. *Fruits* 51(5):327-332.
- Nolin, J. (1985) État de maturité des bananes (cv. Giant Cavendish) à la récolte : une nouvelle méthode de mesure. *Fruits* 40:623-631.
- Nyanjage, M. O.; Wainwright, H.; Bishop, C. F. H. and Cullum, F. J. (2000) A comparative study on the ripening and mineral content of organically and conventionally grown Cavendish bananas. *Biological Agriculture & Horticulture* 18(3):221-234.
- Palmer, J. K. (1971) The banana. In: *The Biochemistry of Fruits and their Products*. (ed. A. C. Hulme) Academic Press, London. Pp.65-105.

- Paull, R. E. (1996) Ethylene, storage and ripening temperatures affect Dwarf Brazilian banana finger drop. *Postharvest Biology and Technology* 8(1):65-74.
- Peacock, B. C. and Blake, J. R. (1970) Some effects of non-damaging temperatures on the life and respiratory behaviour of bananas. *Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences* 27:39-45.
- Pesis, E.; Copel, A.; Ben-Arie, R.; Feygenberg, O. and Aharoni, Y. (2001) Low-oxygen treatment for inhibition of decay and ripening in organic bananas. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 76(5):648-652.
- Ploetz, R. (1998) Banana diseases in the subtropics: a review of their importance, distribution and management. *Acta Horticulturae* 490:263-276.
- Rahman, N. A.; Yuqing, W. and Thompson, A. K. (1995) Temperature and modified atmosphere packaging effects on the ripening of banana. In: *Tecnologías de cosecha y post-cosecha de frutas y hortalizas. Proceedings of a conference held in Guanajuato, Mexico, 20-24 February 1995*. (eds. T. Kushwaha, R. Serwatowski and R. Brook) Pp.313-321.
- Ranawaka, R. A. K. and Wijeratnam, R. S. W. (2000) Ethylene regulated ripening under tropical conditions and the development of crown rot in banana. *Acta Horticulturae* 516:139-143.
- Reyes, M. E. Q.; Nishijima, W. and Paull, R. E. (1998) Control of crown rot in 'Santa Catarina Prata' and 'Williams' banana with hot water treatments. *Postharvest Biology and Technology* 14(1):71-75.
- Santos, J. E. da S. and Chitarra, M. I. F. (1998) Relationship between banana 'Prata' bunch development at harvest and postharvest fruit quality. Relação entre a idade do cacho de banana 'Prata' a colheita e a qualidade dos frutos apos a colheita. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 33(9):1475-1480.
- Sarkar, H. N.; Hasan, M. A. and Chattopadhyay, P. K. (1997) Influence of polyethylene packing on the post-harvest storage behaviour of banana fruit. *Horticultural Journal* 10(1):31-39.
- Seberry, J. A. and Harris, D. R. (1996) Postharvest evaluation of Goldfinger banana. In: *Proceedings of the Australasian postharvest horticulture conference 'Science and technology for the fresh food revolution', Melbourne, Australia, 18-22 September, 1995*. Pp:205-212.
- Self, G. (1998) The use of data from small trials to predict the commercial green-life of new banana and plantain hybrids. In: *Proceedings of the XIII ACORBAT Meeting, Guayaquil, Ecuador*. (L. Hidalgo Arizaga, ed.).
- Seymour, G. (1993) Banana. In: *Biochemistry of Fruit Ripening* (eds. Seymour, G.; Taylor, J. and Tucker, G.) Chapman and Hall, London. Pp.83-106.
- Simmonds, N. W. (1953) The development of the banana fruit. *Journal of Experimental Botany* 4:87-105.
- Srikul, S. and Turner, D. W. (1995) High N supply and soil water deficits change the rate of fruit growth of bananas (cv. Williams) and promote tendency to ripen. *Scientia Horticulturae* 62:165-174.
- Ssemwanga, J. K. and Thompson, A. K. (1994) Investigation of postharvest and eating qualities likely to influence acceptability of matooke banana cultivars to be introduced in Uganda. *Aspects of Applied Biology* 39:207-213.
- Stoorvogel, J. J.; Orlich, R. A.; Vargas, R. and Bouma, J. (2000) Linking information technology and farmer knowledge in a decision support system for improved banana cultivation. In: *Tools for land use analysis on different scales: with case studies for Costa Rica*. (eds. B. A. M. Bouman; H. G. P. Jansen; R. A. Schipper; H. Hengsdijk and A. Nieuwenhuijse) Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands. Pp.199-212.
- Stover, R. H. and Simmonds, N. W. (1987) *Bananas*. 3rd ed. Longman Scientific and Technical Publishing, U.K.
- Thompson, A. and Burdon, O. (1995) Harvesting and fruit care. In: *Bananas and Plantains*. (ed. S. Gowen) Chapman and Hall, London. Pp.403-433.
- Turner, D. W. (1997) Bananas and Plantains. In: *Postharvest Physiology and Storage of Tropical and Subtropical Fruits*. (ed. S. K. Mitra) CAB International. Pp.47-83.
- Turner, D. W. and Barkus, B. (1982) Yield, chemical composition, growth and maturity of 'Williams' banana fruit in relation to supply of potassium, magnesium and manganese. *Scientia Horticulturae* 16:239-252.
- Turner, D. W. and Rippon, L. E. (1973) Effect of bunch covers on fruit growth and maturity in bananas. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 50:235-240.
- Veit-Kohler, U.; Krumbein, A. and Kosegarten, H. (1999) Effect of different water supply on plant growth and fruit quality of *Lycopersicon esculentum*. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 162(6):583-588.
- Wang, S. Y. and Camp, M. J. (2000) Temperatures after bloom affect plant growth and fruit quality of strawberry. *Scientia Horticulturae* 85(3):183-199.
- Warrington, I. J.; Fulton, T. A.; Halligan, E. A. and Silva, H. N. de (1999) Apple fruit growth and maturity are affected by early season temperatures. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 124(5):468-477.
- Wei YuQing and Thompson, A. K. (1995) Modified atmosphere packaging of diploid bananas (Musa AA). In: *COST 94. The post-harvest treatment of fruit and vegetables: systems and operations for post-harvest quality. Proceedings of a workshop, Leuven, Belgium, 14-15 Sep. 1993*. (eds. J. de Baerdemaeker; B. McKenna; M. Janssens; A. Thompson; F. Artes Calero; E. Hohn and Z. Somogyi) Pp.235-246.

NOTAS

1. Currently with Cirad-FIhor at Embrapa Semi-Arido, Petrolina, Brazil.
2. Funded under the Netherlands Foreign Ministry Supplemental Experts scheme.
3. <http://www.maxhavelaar.nl>
4. <http://www.eurep.org>
5. <http://www.rainforest-alliance.org>
6. <http://www.interfel.com>
7. Trials with local producers and supermarkets in San Pedro Sula.
8. USAID project managed by Winrock International (<http://www.winrock.org>).
9. <http://www.interfel.com>
10. L'ECHO des min N°177, mars, 2002
11. L'ECHO des min N°178, avril, 2002
12. L. East, NRI, personal communication
13. D. Krigsvold, FHIA, personal communication
14. <http://www.inibap.org>
15. <http://www.ipgri.cgiar.org>
16. On-board ripening could change this in the export industry.
17. The graphs can be modified to accommodate a threshold bunch age at which fruits attain physiological maturity, but this does not alter the basic analysis.

Características físicas y químicas del fruto de dominico hartón (*Musa AAB Simmonds*) DE acuerdo con su posición en el racimo

Physical and chemical characteristics of dominico-hartón (*Musa AAB Simmonds*) fruits according to its position in the bunch

Arcila P., M. I.; Cayón S., G.; y Morales O., H.

RESUMEN

En el Centro experimental “El Agrado” (1310 m.s.n.m.) se estudiaron las características físicas y químicas durante la maduración de los frutos de Dominico Hartón con diferente ubicación en el racimo. Se seleccionaron 12 racimos al azar de una plantación homogénea, cuatro frutos centrales de cada mano en cada racimo fueron escogidos para determinar en estado verde y maduro: el peso fresco y seco, la relación P/C, el tamaño del fruto, la concentración de sólidos solubles, almidón y azúcares. Se aplicó un diseño de bloques completos al azar y 12 repeticiones. La composición física de los frutos varía según la posición en el racimo, siendo los frutos de mayor peso y tamaño y los de menor relación pulpa/cáscara los de las manos superiores; la composición química es similar en todos los frutos del mismo racimo y no es afectada por la ubicación. Este estudio se desarrolló con la cooperación del Comité Departamental de Cafeteros del Quindío. Palabras claves: **Plátano, Muestreo de frutos, Poscosecha, fisiología de la maduración**

ABSTRACT

In the experimental center “El Agrado” (1310 meters above sea level) the physic and chemical characteristic were studied during the maturation of the fruits of Dominico-Hartón plantain with different location in the bunch. Twelve bunches were randomly selected in a homogeneous plantation, four central fruits of each small stem in each bunch were selected to determine in green and nature state: the fresh and dry weight, the relation P/C, the size of the fruits the soluble solids concentration, starch and sugars. A completely ramdon black design was used with 12 repetitions. The physical composition of the fruits vary according with the location on the bunch, the fruits of higher weight and size and the lowest relation of pulpe/peel were those of superior small stem, the chemical composition was similar in all the fruits of the same bunch and it is not affected by the location. This study was done with the cooperation of the Coffee Departamental Committee of Quindío.

Index words: **Plantain, sample of fruits, postharvest, maturation physiology.**

I INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, en los cultivos de Banano con destino a la exportación se muestrea el fruto central externo de la mano numero 2, para determinar el momento óptimo de cosecha mediante la medida de la longitud externa y el diámetro ó vitola; considerándose esto representativo de todo el racimo; éste procedimiento es aplicado al plátano de exportación. Las formas de los racimos de banano y plátano son muy diferentes, existe mayor uniformidad en el tamaño de los frutos en una planta de banano que en las de plátano y específicamente en la variedad Dominico-Hartón. Para el desarrollo de investigaciones que involucren la

toma de registros del fruto de Dominico-Hartón se requiere mayor información en lo referente a cuales frutos se deben muestrear que representen al racimo como unidad experimental de muestreo. Para disponer de dicha información se dispuso este estudio, con el objetivo de determinar por una parte determinar la composición física y química del fruto dependiendo de la posición que tuviese en el racimo y de otro lado generar herramientas de juicio sobre la posición de frutos más apropiados a muestrear.

Para desarrollar estudios de investigación sobre el fruto de plátano al momento y después de la cosecha, es necesario determinar el fruto del racimo

* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, apartado aéreo 1807, telefax (576) 7493498, E-mail: corpoarm@epm.net.co Armenia, Quindío, Colombia.

a muestrear de acuerdo con su posición, se pretende que los muestreos en los diversos estudios se realicen sobre el o los frutos mas representativos, esto permite reunir resultados confiables y racionalizar los costos de la investigación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló entre 1999 - 2000. Se tomaron 12 racimos de plátano Dominico-Hartón provenientes de una plantación homogénea del Centro Experimental El Agrado ubicado en el Municipio de Montenegro, departamento del Quindío, a 4° 28' de latitud norte y 75° 49' de longitud oeste, 1310 m.s.n.m., temperatura media anual de 22°C, precipitación anual de aproximadamente 2100 mm y humedad relativa media 80%, condiciones correspondientes al bosque muy húmedo subtropical (bmh-ST); el suelo del campo experimental es de textura franco arenoso, pH 6 y 5,7% de materia orgánica. La densidad de siembra utilizada fue de 1666 plantas/ha. Se cosecharon al azar, racimos de 120 días después de floración (DDF) y de cada racimo se separaron las manos de acuerdo a su posición, se seleccionaron de cada una cuatro frutos centrales, a los cuales en los estados verde y amarillo se les determinó el peso fresco y seco, la relación Pulpa/cáscara, la longitud externa, la longitud interna, el perímetro, el diámetro de la pulpa, las concentraciones de sólidos solubles totales, ácido málico y el almidón, los azúcares totales y

reductores, se determinaron por (por hidrólisis enzimática, por el método de Antrona y de Nelson, respectivamente, en el laboratorio del CIAT, Palmira). Se utilizó un diseño completamente al azar con 12 réplicas, los datos generados fueron sometidos a análisis de varianza y a la prueba de comparación, rango múltiple de Duncan ($P<0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tamaño, peso fresco y seco del fruto

Los frutos de Dominico-Hartón en estado verde oscuro, varían su tamaño según su posición en el racimo, los frutos de las primeras manos son significativamente mayores en longitud y perímetro que los de las últimas gajas, registrando diferencias de aproximadamente 4 cm en la longitud externa e interna y 1,7 cm de perímetro entre ellos. El perímetro del fruto, el diámetro de la pulpa y el peso de la cáscara fueron menores en el estado de maduración amarillo que en el verde, debido al proceso de deshidratación del fruto durante la maduración (Tabla 1). En los frutos maduros (A) se observó la misma tendencia, siendo las diferencias un poco mayores, así, en la longitud interna de 5 cm y el perímetro (2 cm) entre frutos de la primera y última gaja.

Con respecto al diámetro de la pulpa, que es la vitola, se encontró que a pesar de que se registró una diferencia de 0,8 cm entre el fruto de la primera y

Tabla 1. Longitud y perímetro de los frutos de Dominico-Hartón de acuerdo a su posición en el racimo y en dos estados de maduración (Verde oscuro, V; Amarillo, A)

Posición del fruto en el racimo (No Mano)	Longitud externa (cm)		Longitud Interna (cm)		Perímetro del fruto (cm)		Diámetro de la pulpa (cm)	
	V	A	V	A	V	A	V	A
1	23,0 a	22,1 ab	19,1 a	18,2 a	15,4 a	14,7 a	4,73 a	4,40 a
2	22,6 b	22,4 a	17,0 b	16,6 b	14,6 b	13,6 bc	4,57 ab	4,11 b
3	21,5 ab	21,9 ab	16,4 bc	16,1 b	14,7 b	13,8 b	4,50 ab	4,00 b
4	20,3 bc	20,8 bc	15,3 bc	16,7 b	14,5 b	13,8 b	4,31 bc	4,03 b
5	20,7 bc	20,7 bc	14,9 c	15,2 b	14,2 bc	13,4 bc	4,08 c	4,02 b
6	20,5 bc	20,3 c	15,5 bc	15,5 b	13,9 c	13,2 cd	4,12 c	3,79 c
7	19,1 c	17,8 d	15,0 bc	12,8 c	13,7 c	12,7 c	4,05 c	3,62 c
C.V (%)	8,3	7,8	13,2	11,3	4,2	4,6	7,5	5,9
F (Racimos)	**	*	**	*	**	**	**	**
F (Manos)	**	**	*	**	**	**	**	**
** Prueba de F significativa ($P<0,01$)								
* Prueba de F significativa ($P<0,05$)								
Promedios con letras distintas, en cada columna, son estadísticamente diferentes según la prueba rango múltiple de Duncan ($P<0,05$)								

última gaja, los frutos de las manos en posición 2, 3 y 4 registraron diferencias en el diámetro poco significativas, situación que ocurrió similarmente entre las dos últimas gajas. Esto genera pautas para elegir que frutos muestrear, según el interés a medir ó a tener en cuenta, por ejemplo si se fuese a clasificar por calidad del fruto de acuerdo a su tamaño, se deben considerar separadamente el tamaño de los frutos en tres grupos, así: el primero, compuesto por la primera gaja; el segundo por las gajas en posición 2,3,4 y 5 y el tercer grupo por la manos con ubicación 6 y 7 en el racimo.

El peso fresco de los frutos varió significativamente en el racimo, registrándose diferencias de 91 y 105 g para frutos verdes y maduros, respectivamente, entre la primera y última gaja. Los frutos de las manos 2, 3, 4 y 5 registraron diferencias de peso poco significativas (Tabla 2). Todo lo anterior se debe posiblemente a que las gajas ubicadas en la parte superior del racimo, tienen una demanda preferencial de fotoasimilados desde las hojas durante el desarrollo del fruto en la planta.

La relación pulpa / cáscara (P/C) del fruto verde, registró valores significativos, según la ubicación que tenga en el racimo y durante la maduración. Los frutos de las gajas superiores del racimo en estado verde y amarillo presentan menor P/C que los de las gajas inferiores, lo cual está directamente relacionado con la cantidad de pulpa en los frutos de las primeras gajas. A medida que trans-

currió la maduración del fruto esta relación aumentó (Tabla 3). A diferencia de las otras variables la relación P/C en frutos en estado verde fue similar en las gajas 1 y 2 con respecto a las demás.

El porcentaje promedio de pulpa y cáscara en base seca fueron 79,2% y 20,73%, respectivamente. Los frutos en estado verde de las dos gajas superiores presentaron un menor contenido de pulpa y cáscara que los de las manos restantes, lo cual está en relación directa con el contenido de humedad; la acumulación de materia seca en la pulpa fue similar en frutos de primera y segunda gaja y entre la cuarta, quinta, sexta y séptima mano; los frutos en el estado amarillo presentaron pesos similares de pulpa y cáscara (Tabla 4).

Composición química

El almidón presente en los frutos tanto verde como amarillos, no varía de manera significativa de acuerdo con la ubicación de éstos en el racimo. Durante la maduración del fruto, el almidón se hidroliza para dar paso a la formación de azúcares (Arcila *et al.*, 1997; Firmín, 1991 Offem y Thomas, 1993), indicando esto que la concentración de almidón de cualquier fruto en el racimo refleja todo el racimo. Esto coincide en parte con lo reportado por Arcila *et al* (1997)(Tabla 5). Los azúcares totales y reductores presentes en frutos verdes en relación con su ubicación en el racimo, registró variaciones significativas; al interior del

Tabla 2. Peso del fruto de Dominico-Hartón de acuerdo a su posición en el racimo, en dos estados de maduración (Verde oscuro, V; Amarillo, A)

Posición del fruto en el racimo (No. Mano)	Peso fresco de la pulpa (g)		Peso fresco de la cáscara (g)		Peso fresco total del fruto (g)	
	V	A	V	A	V	A
1	159 a	168 a	117 c	92 a	276 a	260 a
2	141 b	146 b	98 b	85 ab	239 b	231 b
3	140 b	143 bc	91 bc	78 bc	231 b	221 b
4	135 b	145 bc	86 cd	80 bc	221 b	225 b
5	119 c	139 bc	78 de	69 cd	197 bc	208 bc
6	123 c	131 c	81 d	66 d	204 c	197 c
7	113 c	106 c	72 e	49 e	185 c	155 c
C.V (%)	9,9	11,5	10,5	17,3	10,2	13,0
F (Racimos)	**	**	**	**	**	**
F (Manos)	**	**	**	**	**	**
** Prueba de F significativa (P<0,01)						
Promedios con letras distintas, en cada columna, son estadísticamente diferentes según la prueba rango múltiple de Duncan (P<0,05)						

Tabla 3. Relación pulpa/cáscara del fruto de plátano Dominico-Hartón ocupando diferentes posiciones en el racimo y en dos estados de maduración

Posición del fruto en el racimo (No. Mano)	Verde oscuro	Amarillo
1	1,36 c	1,80 ab
2	1,45 bc	1,70 b
3	1,53 ab	1,90 ab
4	1,57 a	1,90 ab
5	1,56 ab	2,10 a
6	1,52 ab	2,05 a
7	1,58 ab	2,20 a
C.V (%)	8,8	18,7
F (Racimos)	**	*
F (Manos)	**	*
** Prueba de F significativa (P<0,01)		
* Prueba de F significativa (P<0,05)		
Promedios con letras distintas, en cada columna, son estadísticamente diferentes según la prueba rango múltiple de Duncan (P<0,05)		

racimo, los frutos de la primera gaja concentran más azúcares que los de la última mano, siendo similar la concentración de azúcares entre la segunda y sexta gaja (Tabla 5).

Los sólidos solubles totales (SST) y los contenidos de ácido málico se incrementaron durante el proceso de maduración. Estos compuestos no variaron en el fruto dependiendo de su posición en

el racimo, indicando que para registrar cualquiera de estas dos variables es suficiente muestrear un fruto en cualquier posición, (Tabla 6). Esto coincide con las observaciones realizadas por Arcila *et al* (1997).

CONCLUSIONES

La composición física de los frutos varía de acuerdo con su posición en el racimo, los frutos de las gajas superiores son de mayor tamaño y peso que las últimas manos.

La composición química de los frutos verdes y maduros de todas las manos del racimo es similar al momento de la cosecha, exceptuando la concentración de azúcares que fue mayor en la primera gaja con respecto a la última mano.

En estudios de poscosecha del fruto de plátano, el registro de variables físicas se debe hacer teniendo en cuenta la posición del fruto en el racimo, mientras que para registrar variables químicas como SST, acidez titulable y almidón tomar un fruto de cualquier mano del racimo es suficiente; la concentración de azúcares en frutos recién cosechados debe realizarse, teniendo en cuenta la posición del fruto.

RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen al Comité Departamental de Cafeteros del Quindío, a Corpoica, al SENA

Tabla 4. Partición de la pulpa y la cáscara del fruto de Dominico-Hartón proveniente de diferente posición en el racimo en dos estados de maduración (Verde oscuro, V; Amarillo, A)

Posición del fruto en el racimo (Mano número)	Pulpa (%)		Cáscara (%)	
	V	A	V	A
1	76,3 a	81,3 a	23,8 a	18,7 a
2	71,4 a	80,3 ab	28,6 b	19,7 b
3	80,9 b	81,2 bc	19,1 c	18,8 ab
4	81,3 b	82,0 bc	18,8 c	18,0 ab
5	81,4 b	83,1 c	18,6 c	16,9 c
6	81,7 b	82,3 bc	18,3 c	17,7 bc
7	81,9 b	82,7 bc	18,1 c	17,3 bc
C,V (%)	12,4	17,2	19,7	15,4
F (Racimos)	**	**	*	*
F (Manos)	**	*	*	**
** Prueba de F significativa (P<0,01)				
* Prueba de F significativa (P<0,05)				
Promedios con letras distintas, en cada columna, son estadísticamente diferentes según la prueba rango múltiple de Duncan (P<0,05)				

Tabla 5. Concentración de almidón y azúcares en la pulpa de los frutos de plátano Dominico-Hartón de acuerdo a su posición en el racimo y en dos estados de maduración (Verde oscuro, V; Amarillo, A)

Posición del fruto en el racimo (Mano número)	Almidón (%)		Azúcares totales (%)		Azúcares Reductores (%)	
	V	A	V	A	V	A
1	78 a	57 a	0,94 a	31,2 a	0,76 a	28,2 a
2	79 a	63 a	0,55 b	30,9 a	0,41 b	27,0 a
3	81 a	63 a	0,60 b	31,1 a	0,43 b	27,4 a
4	80 a	64 a	0,57 b	31,7 a	0,39 b	28,3 a
5	77 a	64 a	0,50 b	31,4 a	0,31 b	27,2 a
6	78 a	64 a	0,58 b	31,6 a	0,38 b	28,0 a
7	80 a	64 a	0,38 c	32,9 a	0,20 c	29,6 a
C.V (%)	7,0	15,9	11,2	7,7	11,2	9,5
F (Racimos)	*	*	**	*	**	*
F (Manos)	n.s	n.s	*	n.s	*	n.s

** Prueba de F significativa ($P < 0,01$)
 * Prueba de F significativa ($P < 0,05$)
 n.s Prueba de F no significativa ($P < 0,05$)
 Promedios con letras distintas, en cada columna, son estadísticamente diferentes según la prueba rango múltiple de Duncan ($P < 0,05$)

Tabla 6. Concentración de sólidos solubles totales y de ácido málico en la pulpa de los frutos de plátano Dominico-Hartón de acuerdo a su posición en el racimo y en dos estados de maduración (Verde oscuro, V; Amarillo, A)

Posición del fruto en el racimo (No. Mano)	Sólidos solubles totales (%)		Acido málico (%)	
	V	A	V	A
1	5,5 a	28,7 ab	0,63 a	1,34 ab
2	5,4 a	29,2 ab	0,54 a	1,45 ab
3	5,7 a	28,0 ab	0,54 a	1,34 ab
4	5,2 a	27,4 b	0,66 a	1,34 ab
5	5,5 a	29,6 a	0,57 a	1,25 b
6	5,1 a	28,7 ab	0,69 a	1,36 ab
7	4,9 a	29,9 a	0,66 a	1,54 a
C.V (%)	16,2	7,13	20,3	20,1
F (Racimos)	**	**	*	*
F (Manos)	n.s	*	n.s	*

** Prueba de F significativa ($P < 0,01$)
 * Prueba de F significativa ($P < 0,05$)
 n.s Prueba de F no significativa ($P < 0,05$)
 Promedios con letras distintas, en cada columna, son estadísticamente diferentes según la prueba rango múltiple de Duncan ($P < 0,05$)

y al CIAT por el apoyo prestado al desarrollo del presente estudio.

LITERATURA CITADA

Arcila, P. M.I.; Torres, P. F. 1997. Universidad del Quindío, Armenia (Colombia). Facultad de Formación Avanzada e Investigación. Tesis (Esp Posc Veg Per). Influencia de las condiciones ambientales sobre las propiedades físico-químicas durante la maduración de frutos de plátano Dominico-

Hartón (*Musa* AAB, Simmonds). 2. 100; Arcila, P. M.I.; Torres, P. F. Armenia (Colombia). 49p. (Doc. 18710) *CO-BAC, Santafé de Bogotá.

Firmín, A. 1991. Chemical and Physical changes in plantains (*Musa paradisiaca*) during ripening. Trop. Sci. 31, 183-187.
 Offem, O.J. y Thomas, O.O. 1993. Chemical changes in relation to mode and degree of maturation of plantain (*Musa paradisiaca*) and banana (*Musa sapientum*) fruits. Food Research International 26, 187-193.

Influencia de la edad de cosecha sobre la maduración del fruto de dominico hartón, en el departamento del Quindío

Influence of the harvesting age on the maturation of the fruit of dominico-hartón, in the departament of Quindío

Arcila P., M. I.*; Celis, L. D*. y Morales O., H.*

RESUMEN

La variedad de Plátano Dominico Hartón es el más cultivado la región andina Colombiana. El índice de cosecha de los racimos es visual, cosechándose en un estado posterior a la madurez fisiológica, denominado "Hecho" con destino al mercado Nacional. Frente al potencial de exportación y uso industrial de éste clon, se hizo necesario estudiar los cambios físicos y químicos durante la maduración por efecto de la edad de cosecha. En el Centro experimental "El Agrado" (1310 m.s.n.m.) se cosecharon racimos de diferentes edades (12, 14 y 16 semanas después de floración), de cada racimo se seleccionaron los dedos centrales de las gajas 1 y 3 ; en estado verde y amarillo se les determinó el tamaño, el peso, la acumulación de materia seca, el contenido de almidón, de azúcares y minerales. Se aplicó un diseño de parcelas divididas con tres repeticiones. Se determinó que la edad de cosecha influye en la maduración del fruto y sobre las propiedades organolépticas de los productos finales, encontrándose que a menor edad de cosecha mayor período de maduración.

Palabras claves: Musa, Cosecha y Poscosecha, Composición física y química

ABSTRACT

The Dominico-Hartón plantain variety is the most cultivated of the Andean Region of Colombia. The harvest index of the bunches is visual, harvesting in a state posterior to physiologic ripeness, know as full grown with destination to the national market. Considering the export potential and industrial use of this clone, it was required to study the physical and chemical changes during the maturation by effect of the harvest age. In the experimental center "El Agrado" (1310 meters above sea level) it was harvest bunches of different ages (12, 14 and 16 weeks after flowering), of each bunch were selected the control fruit of 1 and 3 small stems; in green and yellow state the size, weight, accumulation of dry matter, the starch content, of sugars and minerals were determined. A split plot design was used with three repetitions. It was determined that the age of harvest influences the maturity of the fruit and on the "organolépticas" properties of the final product, it was found that at minor age of harvest corresponds a higher period of maturation.

Index words: Muse, harvest and postharvest, physical and chemical composition.

INTRODUCCIÓN

En Colombia se han cultivado tradicionalmente tres clones, entre los cuales se destaca Dominico-Hartón. El índice de cosecha de los racimos de este cultivar, convencionalmente, se hace de manera visual, recolectando el fruto "hecho" y redondeado (pérdida de aristas). Recientemente, en algunos cultivos tecnificados se cosechan los racimos en base a la edad, mediante el conteo de las plantas al momento de la emergencia de la inflorescencia. Los estudios relacionados con la edad de cosecha Vs. comportamiento poscosecha de los frutos son escasos. Arcila *et al* (1998) encontraron

que los frutos de Dominico-Hartón "hechos" (16 semanas) tienen un período de maduración después de la cosecha que varía entre 6 a 12 días, dependiendo de la manipulación del producto durante la poscosecha. Medlicott (1996) afirmó que la edad de cosecha óptima del plátano híbrido FHIA 21 es a los 105 y 112 días después de la floración. En banano (cv. Hochuchu) Laylieam y Kosittrakum (1998) determinaron que la composición química de los frutos varía con la edad de cosecha, mientras que la maduración no es afectada. Como no se ha determinado la edad óptima de cosecha de los racimos de Dominico-Hartón que asegure la

1. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, apartado aéreo 1807, telefax (576) 7496331, E-mail: corpoarm@epm.net.co Armenia, Quindío, Colombia.

satisfacción de los consumidores, se consideró la realización del presente estudio con el objetivo de evaluar el período de vida útil y la composición física y química durante la poscosecha asociada a la edad de corte.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló entre Diciembre de 1998 y Febrero del 2000, en el Centro de Investigación "El Agrado", localizado en el Municipio de Montenegro, departamento del Quindío, a 4° 28' de latitud norte y 75° 49' de longitud oeste, 1310 m.s.n.m., temperatura media anual de 22°C, precipitación anual de aproximadamente 2100 mm y humedad relativa media 80%, condiciones correspondientes al bosque muy húmedo subtropical (bmh-ST); el suelo del campo experimental es de textura franco arenoso, pH 6 y 5.7% de materia orgánica. El material de plátano evaluado fue Dominico-Hartón (AAB), se cosecharon 10 racimos en diferentes edades (12, 14 y 16 semanas después de floración, SDF); de cada racimo se seleccionaron los dedos centrales de las manos uno (1) y tres (3), a los cuales, se les registró en los estados de maduración verde oscuro y amarillo las siguientes variables: Período de maduración; longitudes externa e interna; perímetro, peso del fruto; diámetro de la pulpa y el grosor de la cáscara. Se picaron en pedazos pequeños y se secaron en una estufa a 60°C por 24 horas. Se pesaron la cáscara y la pulpa; a la harina de la pulpa se le determinó las concentraciones de almidón, azúcares totales y reductores (por hidrólisis enzimática, por el método de Antrona y de Nelson, respectivamente, en el laboratorio del CIAT, Palmira) junto con la composición mineral. Se aplicó un diseño de

parcelas divididas con tres repeticiones. Los datos fueron sometidos al análisis de varianza y a la prueba de comparación rango múltiple de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cambios físicos

Tradicionalmente, los racimos de Dominico-Hartón se han caracterizado por tener entre 40 y 55 frutos, variable que no es afectada por la edad de cosecha. La composición física de los frutos al momento de la cosecha (estado verde oscuro, V) varía con la edad. El peso de los racimos se incrementa a medida que transcurre el llenado, consiguiéndose el mayor peso a las 16 semanas, al interior de los racimos, los frutos también incrementan su peso de manera significativa entre las 12 y 14 semanas (Tabla 1).

La calidad externa de los frutos al momento de la cosecha (V) varió significativamente con la edad; las longitudes externa e interna del fruto y el perímetro se incrementaron considerablemente en frutos de 14 semanas, edad a partir de la cual se mantuvieron dichas dimensiones. Al madurar los frutos, no se observaron cambios en su longitud externa; la longitud interna se redujo en frutos cosechados de 16 semanas y el perímetro se incrementó en 1 cm (Tabla 2). El diámetro alcanzado por el fruto en la semana 16 fue de 4,2 cm y en la maduración de 4,9 cm. A mayor edad, mayor diámetro de fruto.

A medida que transcurre el llenado del fruto en la planta se incrementa significativamente el peso fresco, haciéndose mayor a las 16 semanas; los frutos de 12 semanas maduraron reduciendo su peso, mientras que los frutos de 14 y 16 semanas

Tabla 1. Rendimiento del clon Dominico Hartón en diferentes épocas de cosecha

Epoca de cosecha (SDF)	Frutos/Racimo	Peso del racimo (kg)	Peso del fruto (g)
12	57 a	11,3 a	252 b
14	40 b	12,7 ab	309 a
16	47 b	14,0 b	320 a
C.V. (%)	18,8	15,4	13,2
Prueba de F(Epoca) * * * * Prueba de F significativa (P<0,05) ** Prueba de F significativa (P<0,01) Valores entre columnas con letras iguales no difieren entre si según la prueba de Tukey (P<0,05)			

no variaron su peso al madurar (Tabla 3).

En lo referente a la acumulación de materia seca, en la pulpa de frutos verdes, se presentaron incrementos significativos entre frutos de 12 a 14 semanas; este comportamiento se debe, posiblemente a que en los últimos estados de desarrollo de los órganos del fruto, la pulpa sea la demanda preferencial de los fotoasimilados producidos por las hojas; la acumulación de materia seca en la pulpa de frutos maduros, tuvo una tendencia similar a la de los frutos verdes. En la cáscara de frutos maduros la acumulación de materia seca fue menor que en los verdes, sin presentar cambios significativos según la edad del fruto, presentando la máxima acumulación de materia seca a las 14 semanas, lo cual coincide con lo reportado por Morales *et al* (2000).

Maduración y cambios químicos

El período de maduración de los frutos varía inversa y significativamente con la edad de la cosecha, siendo aproximadamente tres veces mayor

en frutos cosechados a las 12 semanas y dos veces mayor en frutos de 14 semanas; es necesario resaltar que el proceso de maduración de los frutos de corta edad (12 semanas) es alterado en sus cualidades organolépticas, mostrándose pasmado; esto coincide con lo expresado por Ferrer y Terrallardona, s.f. quienes afirman que la cosecha de cualquier fruto en la época inadecuada altera la calidad organoléptica final y produce fisiopatías; en frutos de 14 semanas se observó que el pasmo no es tan frecuente, pero se hace más factible la utilización de frutos en estado verde en esta edad “viches” en la preparación de recetas tradicionales como sancocho (sopas) (Tabla 4).

La hidrólisis de almidón y la acumulación de azúcar fueron las principales observaciones. Estas, en frutos verdes variaron con la edad de cosecha concentrando mayor cantidad de almidón en la medida en que transcurre el llenado, lo cual incide con los estudios realizados por Firmín (1991) y Offem y Thomas (1993). Los contenidos de almidón y azúcares no sufrieron variación alguna en

Tabla 2. Longitud y perímetro de los frutos de Dominico-Hartón durante la maduración, en diferentes edades de cosecha de los racimos (Verde oscuro, V; Amarillo, A)

Edad de los frutos (SDF)	Longitud externa (cm)		Longitud interna (cm)		Perímetro (cm)	
	V	A	V	A	V	A
12	22 b	23 a	18 a	19 a	12 b	12 a
14	25 a	23 a	19 a	19 a	14 a	13 b
16	25 a	24 a	20 a	17 b	15 a	14 c
C.V (%)	13	9	10	10	8	9
Prueba de F (Epoca)	**	*	**	*	**	*

* Prueba de F significativa ($P < 0,05$)

** Prueba de F significativa ($P < 0,01$)

Valores entre columnas con letras iguales no difieren entre si según la prueba de Tukey ($P < 0,05$)

Tabla 3. Peso del fruto y partición de pulpa y cáscara durante la maduración, en diferentes edades de cosecha de los racimos (Verde oscuro, V; Amarillo, A)

Edad de los frutos (SDF)	Peso Del fruto (g)		P / C		Cáscara (g)		Pulpa (g)	
	V	A	V	A	V	A	V	A
12	67 b	55 b	2,5 b	3,2 b	48 a	42 c	19 a	13 a
14	72 ab	71 ab	3,6 a	4,1 a	57 ab	57 b	16 b	14 a
16	82 a	81 a	3,5 a	4,4 a	64 b	66 a	18 ab	15 a
C .V (%)	10	18	11	19	12	17	11	17
Prueba de F (Epoca)	**	**	**	**	**	**	**	ns

n.s Prueba de F no significativa ($P < 0,05$)

** Prueba de F significativa ($P < 0,01$)

Valores entre columnas con letras iguales no difieren entre si según la prueba de Tukey ($P < 0,05$)

frutos maduros (amarillos), de acuerdo a lo anterior la concentración no es afectada por la edad de cosecha, pero la calidad organoléptica sí, debido a la alteración de las propiedades organolépticas que condiciona el producto a usos culinarios limitados, principalmente en estado verde y ello se debe posiblemente a que los frutos más jóvenes no han completado sus procesos bioquímicos que le permitan, una vez separados de las plantas continuar con procesos normales de maduración, es como si la hidrólisis del almidón se hubiese forzado, conteniendo el fruto tierno (12 semanas) concentraciones de azúcares menores que frutos de menor edad. Esto coincide parcialmente, con lo reportado por Laylleam y Kisuttrakun (1998) en frutos de banano.

La composición mineral de la pulpa de los frutos de Dominico-Hartón presentó ligeras variaciones, las cuales no podrían atribuirse a la edad de cosecha, conteniendo valores similares, los frutos tanto en estado verde como en estado amarillo, concentrando 0,60% de Nitrógeno; 0,34% de Fósforo; 0,80% de Potasio; 0,15% de Calcio y 0,11% de Magnesio.

De acuerdo a lo anterior, cabe resaltar que la edad de cosecha es un aspecto básico a tener en cuenta para cada variedad y zona de producción y según el mercado destino, ya sea Nacional (fresco e industrial) ó de Exportación.

CONCLUSIONES

La maduración del fruto de Dominico-Hartón y su utilización es afectada por la edad de cosecha, encontrándose que a menor edad del fruto mayor período de maduración.

La composición física y química de los frutos varían en la maduración, según la edad de cosecha, siendo los frutos de 14 y 16 semanas, los más deseados en cuanto a la calidad organoléptica de sus productos finales.

RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración del Comité de Cafeteros del Quindío y Corpoica, para el desarrollo del presente estudio.

LITERATURA CITADA

- Arcila P., M.I.; Giraldo G., G.; Belalcázar C., S.; Cayón S., G.; Méndez G., J.C. 1998. Comportamiento postcosecha de los plátanos Dominico-Hartón y FHIA 21 en diferentes presentaciones. En: Seminario Internacional sobre Producción de Plátano. Armenia (Colombia), May 1988. Memorias. Armenia (Colombia), Corpoica-Universidad del Quindío. p.256-260. *CO-Corpoica, Armenia.
- Ferrer M., M. y Terrallardona D. S. s.f. Aplicación de las atmósferas artificiales. En: Frigoconservación y Manejo. Frutos, flores y hortalizas. Editorial AEDOS. Barcelona, España. p. 183-195.
- Firmín, A. 1991. Chemical and Physical changes in plantains (*Musa paradisiaca*) during ripening. Trop. Sci. 31, 183-187.
- Laylleam, S. y Kisuttrakun, M. 1998. Effects of harvest maturity. Journal of Food Quality (USA) (22) 539-544.
- Medlicott, A. 1996. Manejo Postcosecha de FHIA 21, La Lima, Cortes, Honduras. 20p.
- Morales O., H.; Belalcázar C., S.; Cayón S., G. 2000. Efecto de la época de cosecha sobre la composición físico-química de los frutos de cuatro clones comerciales de musáceas. En: XIV Reunión de la Asociación para la Cooperación en Investigación de Banano en el Caribe y en América Tropical. San Juan (Puerto Rico). Resúmenes ACORBAT. p. 28. CO, Corpoica, Armenia.
- Offem, O.J. y Thomas, O.O. 1993. Chemical changes in relation to mode and degree of maturation of plantain (*Musa paradisiaca*) and banana (*Musa sapientum*) fruits. Food Research International 26, 187-193.

Tabla 4. Período de maduración y concentración de almidón, azúcares totales y reductores del fruto de Dominico-Hartón durante la maduración, en diferentes edades de cosecha de los racimos (Verde oscuro, V; Amarillo, A)

Edad de los frutos (SDF)	Período de Maduración (días)	Almidón (%)		Azúcares totales (%)		Azúcares reductores (%)	
		V	A	V	A	V	A
12	29 a	56,5 a	52,3 a	1,40 a	32,4 a	0,87 a	28,5 a
14	14 b	67,0 b	52,2 a	1,33 a	37,8 a	0,75 a	32,3 a
16	9 c	74,8 c	57,7 a	1,80 a	37,5 a	1,35 b	29,9 a
C.V. (%)	17	2,5	10,5	12,6	11,9	15,5	1,0
Prueba de F(Epoca)	**	**	ns	ns	ns	*	ns
* Prueba de F significativa (P<0,05)							
** Prueba de F significativa (p<0,01)							
n.s.Prueba de F no significativa							
Valores entre columnas con letras iguales no difieren entre si según la prueba de Tukey (P<0,05)							

Maduración de los frutos del híbrido FHIA 21 asociada a la edad de cosecha; en el Departamento del Quindío, Colombia

Hibrid fruits ripeness FHIA 21 related to the harvest time, in the Department of Quindio, Colombia

Arcila P., M.I.¹; Celis G., L.D.

RESUMEN

Durante el período 1998-2000, en el centro experimental El Agrado, se evaluó el efecto de la edad de cosecha del racimo de FHIA 21 sobre el comportamiento físico y químico del fruto durante la poscosecha. Para ello, se cosecharon frutos de 12, 14 y 16 semanas después de floración (SDF), a los cuales se les registró el peso, la longitud externa, el perímetro, la relación P/C, la concentración de almidón y azúcares durante la maduración. Se aplicó un diseño de parcelas divididas con tres repeticiones. Se determinó que los frutos de FHIA 21 alcanzan su máximo peso y tamaño a las 16 semanas y altas concentraciones de almidón tanto en estado verde oscuro como amarillo, el almidón se incrementa con la edad de cosecha y la edad de cosecha influye sobre el período de maduración.

ABSTRACT

In the Experimental Center "El Agrado", during the 1998-2000 period, the FHIA 21 cluster's harvest time effect upon the physical and chemical behavior during the post-harvest was evaluated. For this, different stage fruits were harvested (12, 14 and 16 weeks after flowering), the weight, external length, the "P/C" relation, starch concentration and sugars during ripeness were registered. A split plot design was used with three repetitions. It was determined that the FHIA 21 fruits reached their greatest weight and size after 16 weeks as well as high starch concentration during both, the dark green and the yellow stage, the starch level increases according to the harvest time and the harvest time also influences the ripeness stage.

Index words. Musa, harvest and post-harvest, physical and chemical changes, FHIA 21.

INTRODUCCIÓN

El plátano Dominico-Hartón en la región cafetera central es el material más cultivado y tiene una producción aproximada de 940.000 t., en 124.000 has. La llegada de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) a la región cafetera, ha originado la necesidad de evaluar el comportamiento agronómico del plátano híbrido FHIA 21 que es resistente a la citada enfermedad como una alternativa importante desde el punto de vista ambiental y de seguridad alimentaria. El índice de cosecha de los racimos de Dominico-Hartón, convencionalmente se ha hecho de manera visual, se recolecta el fruto "hecho" y redondeado (pérdida de aristas); recientemente en algunos cultivos tec-

nificados se cosechan los racimos en base a la edad, mediante el conteo de las plantas al momento de la emergencia de la inflorescencia. Se desconoce el efecto de diferentes edades de cosecha sobre la calidad y la maduración de cultivares promisorios. El híbrido de plátano FHIA 21 fue desarrollado por la FHIA (Honduras) y presenta resistencia a la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) (Medlicott, 1996). Este híbrido ha sido evaluado en la zona cafetera, encontrándose que se adapta bien a diferentes altitudes (170-1700 m.s.n.m.) con pesos de racimos de hasta de 25 kg (Merchán, 2000). La madurez de cosecha de los racimos de variedades tradicionales de Dominico-Hartón y Dominico es determinada visualmente, por la pér-

* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, apartado aéreo 1807, telefax (576) 7496331, E-mail: corpoarm@epm.net.co Armenia, Quindío, Colombia.

dida de aristas de los frutos ó por la edad del racimo (previo cinteo), dicho criterio no es aplicable a FHIA 21 debido a los cambios morfológicos durante el llenado del fruto que son particulares a cada cultivar. Los frutos de FHIA 21, cosechados “hechos” (de 14 a 16 semanas) tienen un período de maduración que varía entre 6 a 12 días, almacenados al ambiente y dicho ciclo depende de la manipulación del producto después de cosechado (Arcila *et al.*, 1998); según Medlicott (1996), la madurez óptima de la cosecha de éste híbrido para exportar de Centro América a EUA es de los 105 a 112 días después de la aparición de la bellota en la planta. El índice de cosecha esta muy relacionado con los procesos posteriores de manipulación, adecuación del fruto para la venta, vida verde y las posibilidades de comercialización, ya que los procesos bioquímicos pueden ser alterados; al respecto, Laylieam y Kosittrakum (1998) determinaron que la composición química de los frutos de banano (cv. ‘Hochuchu’) varía con la edad de cosecha, mientras que la maduración no es afectada. El objetivo del presente estudio fué determinar el comportamiento poscosecha de los frutos de FHIA 21, encontrando la edad de la cosecha adecuada y evaluando la composición física y química durante la maduración de los frutos según la edad de cosecha.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló en el período 1998 - 2000, en el Centro de Investigación “El Agrado”, localizado en el Municipio de Montenegro, departamento del Quindío, a 4° 28’ de latitud norte y 75° 49’ de longitud oeste, 1310 m.s.n.m., temperatura media anual de 22°C, precipitación anual de aproximadamente 2100 mm y humedad relativa media 80%, condiciones correspondientes al bosque muy húmedo subtropical (bmh-ST); el suelo del campo experimental es un Andisol, de textura franco arenoso, pH 6 y 5.7% de materia orgánica. Los materiales de plátano evaluados fueron Dominico-Hartón (AAB), Africa 1 (AAB) y el híbrido FHIA 21 (AAAB), de cada cultivar se cosecharon 10 racimos en diferentes edades (12, 14 y 16 semanas después de floración, SDF) y de cada racimo se seleccionaron los dedos centrales de las manos uno (1) y tres (3), a los cuales se les registró en los estados de maduración verde oscuro y amarillo las siguientes variables: Período de madura-

ción; longitudes externa e interna; perímetro, peso del fruto; diámetro de la pulpa y el grosor de la cáscara. La cáscara y la pulpa se picaron en pedazos pequeños y se secaron en una estufa a 60°C por 24 horas. Se pesaron, la pulpa fue molida para obtener la harina y se le determinó la concentración de almidón, azúcares totales y reductores (por hidrólisis enzimática, por el método de Antrona y de Nelson, respectivamente) en el laboratorio del CIAT, Palmira. Se aplicó un diseño de parcelas divididas con tres repeticiones. Los datos fueron sometidos al análisis de varianza y a la prueba de comparación rango múltiple de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cambios físicos

El híbrido FHIA 21 tiene características físicas del tipo de racimo “French” (Dominico), con mas de 60 frutos y entre 10 y 13 gajas, con frutos de bajo peso. El número de frutos por racimo no es afectado por la edad de cosecha; el peso de los racimos varió significativamente con la edad de cosecha, estabilizándose a partir de los 100 días de edad, mientras que el peso del fruto fue mayor en racimos de 16 semanas (Tabla 1). Esto coincide con lo reportado por Morales *et al.*, (2000).

Tabla 1. Variables de producción del híbrido FHIA 21 en diferentes épocas de cosecha

Epoca (SDF)	Frutos/racimo	Peso del racimo (kg)	Peso del fruto (g)
12	63 a	9.5 a	208 b
14	56 a	13 b	218 b
16	61 a	14 b	258 a
C.V. (%)	10.9	16.0	15.2
Prueba de F (Epoca)	n.s	**	**
** Prueba de F significativa (P<0.01)			
n.s Prueba de F no significativa			
Valores entre columnas con letras iguales no difieren entre si según la prueba de Tukey (P<0,05)			

Generalmente, los frutos de éste híbrido son pequeños en comparación con los de Dominico Hartón. Las longitudes externa, interna, el perímetro y el diámetro de los frutos aumentaron con la edad de cosecha, presentando variaciones en peso significativas, el cual, se estabilizó a partir de las 14 semanas, tanto en frutos recién cosechados

verdes (V), como en frutos maduros (amarillo, A) (Tablas 2 y 3).

La cáscara de los frutos es mas delgada que en Dominico-Hartón. El peso seco de la pulpa y la cáscara y la relación P/C de los frutos de FHIA 21, se incrementaron con la edad de cosecha tanto en frutos verdes como amarillos (Tabla 4), lo cual se debe posiblemente a que a medida que transcurre

el llenado del fruto en la planta, la pulpa sea la demanda preferencial de los fotoasimilados producidos por las hojas.

Maduración del FHIA 21 y composición química

A mayor edad de cosecha de los frutos, menor período de maduración. Los frutos de 16 semanas

Tabla 2. Longitud y perímetro de los frutos de FHIA 21 durante la maduración, en diferentes edades de cosecha de los racimos (Verde oscuro, V; Amarillo, A)

Edad de los frutos (SDF)	Longitud externa (cm)		Longitud interna (cm)		Perímetro (cm)	
	V	A	V	A	V	A
12	22 b	20 b	17 b	16 b	9 b	10 b
14	24 a	23 a	21 a	18 b	14 a	13 a
16	24 a	24 a	21 a	20 a	14 a	13 a
C.V (%)	8	8	9	15	16	15
Prueba de F (Epoca)	**	**	**	**	**	**

** Prueba de F significativa ($P<0.01$)

Valores entre columnas con letras iguales no difieren entre si según la prueba de Tukey ($P<0.05$)

Tabla 3. Diámetro del fruto de FHIA 21 durante la maduración, en diferentes edades de cosecha de los racimos (Verde oscuro, V; Amarillo, A)

Edad de los frutos (SDF)	Diámetro de la pulpa (cm)		Grosor de la cáscara (cm)		Diámetro del fruto (cm)	
	V	A	V	A	V	A
12	3,0 b	3,2 b	0,32 b	0,3 c	3,3 a	3,5 a
14	4,1 a	4,0 a	0,58 a	0,5 b	4,7 b	4,5 b
16	4,1 a	3,8 a	0,60 a	0,8 a	4,7 b	4,6 b
C,V (%)	10	10	30	28	10	11
Prueba de F (Epoca)	**	**	**	**	**	**

** Prueba de F significativa ($P<0.01$)

Valores entre columnas con letras iguales no difieren entre si según la prueba de Tukey ($P<0.05$)

Tabla 4. Peso del fruto y partición de pulpa y cáscara de FHIA 21 durante la maduración, en diferentes edades de cosecha de los racimos (Verde oscuro, V; Amarillo, A)

Edad de los frutos (semanas)	Peso del fruto (g)		Pulpa (g)		Cáscara (g)		P / C	
	V	A	V	A	V	A	V	A
12	37 b	45 a	26 b	28 a	11 b	8 c	2,4 a	3,0 a
14	49 b	42 a	36 b	33 a	13 ab	10 b	2,8 a	3,3 b
16	66 a	64 a	52 a	52 b	14 a	13 a	3,7 b	4,0 b
C,V (%)	11	27	13	23	11	19	12	18
Prueba de F (Epoca)	**	ns	**	**	**	**	**	**

** Prueba de F significativa ($P<0.01$)

n,s Prueba de F no significativa

Valores entre columnas con letras iguales no difieren entre si según la prueba de Tukey ($P<0.05$)

de edad, registraron un periodo de maduración similar al clon Dominico-Hartón. Frutos de 12 semanas de FHIA 21, alcanzaron la maduración en un tiempo cuatro veces mayor y sus características organolépticas se afectaron negativamente (frutos pasmados), los frutos de 14 semanas presentaron características aceptables para el consumo en verde, posiblemente ésta sea la época mas adecuada de cosecha, confirmando esto lo expresado por Medlicott (1996). La composición química de los frutos de FHIA 21 no varió significativamente con el edad de cosecha. El contenido de almidón de éstos frutos es superior al de Dominico-Hartón tanto en estado verde como amarillo, lo cual tiene influencia en su comportamiento culinario (Tabla 5). No obstante, no se determinaron diferencias estadísticas significativas entre los contenidos de almidón y azúcares en los frutos de las diferentes edades de FHIA 21, las propiedades organolépticas de los productos finales se altera en frutos tiernos (12 semanas) y frutos de 16 semanas son muy sensibles a la manipulación en la poscosecha, debido posiblemente, a la alta concentración y a la calidad del almidón y los azúcares. Esto indica que bajo las condiciones agroecológicas y de cul-

tivo bajo las cuales fue llevado éste estudio, la época mas adecuada de cosecha para éste cultivar es de 14 semanas, lo cual coincide con lo expresado por Medlicott (1996); similarmente, es posible que la forma más adecuada de presentar ó manipular los frutos de FHIA 21 durante la poscosecha sea por manos y no por frutos individuales, esto conllevaría a prolongar la vida verde (Arcila *et al.*, 1998).

La composición mineral de la pulpa los frutos de éste híbrido, es similar a los de Dominico-Hartón, predominando el Nitrógeno y el Fósforo en la pulpa; las variaciones que se presentaron, no son atribuibles a las diferentes edades del fruto (Tabla 5)

CONCLUSIONES

Los frutos de FHIA 21 presentaron cambios en peso y tamaño que variaron con la edad de la cosecha

El período de maduración del plátano FHIA 21, es afectado por la edad de cosecha. A menor edad del racimo, mayor período de maduración.

La concentración de almidón y azúcares de los frutos de FHIA 21 no varió según la edad de cose-

Tabla 5. Período de maduración y concentración de almidón, azúcares totales y reductores del fruto de FHIA 21 durante la maduración, en diferentes edades de cosecha de los racimos (Verde oscuro, V; Amarillo, A)

Edad de los frutos (SDF)	Período de maduración (Días)	Almidón (%)		Azúcares totales (%)		Azúcares reductores (%)	
		V	A	V	A	V	A
12	32 a	97,5 a	92,3 a	1,2 a	46,2 a	0,99 a	42,2 a
14	25 b	100,0 a	82,5 a	1,5 a	46,5 a	0,85 a	45,3 a
16	8 c	100,0 a	89,0 a	1,0 a	49,1 a	0,74 a	41,5 a
C, V, (%)	33	2,9	7,9	37	13	36	13
Prueba de F (Epoca)	**	**	*	ns	ns	ns	ns

*Prueba de F significativa ($P < 0,05$)

**Prueba de F significativa ($P < 0,01$)

n,s, Prueba de F no significativa

Valores entre columnas con letras iguales no difieren entre si según la prueba de Tukey ($P < 0,05$)

Tabla 6. Composición mineral de la pulpa de frutos de FHIA 21 en tres épocas de cosecha

Epoca de cosecha (SDF)	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)	Calcio (%)	Magnesio (%)
12	0,55	0,26	0,9	0,10	0,10
14	0,60	0,22	1,6	0,25	0,20
16	0,46	0,28	1,4	0,30	0,20

cha, sin embargo las propiedades organolépticas se afectaron drásticamente en frutos de 12 semanas.

La época mas adecuada de cosecha de los frutos de éste híbrido es a las 14 semanas, bajo las condiciones de este estudio.

RECONOCIMIENTOS

Los autores del presente estudio agradecen al Comité de Cafeteros del Quindío y a Corpoica el apoyo financiero para su desarrollo.

LITERATURA CITADA

- Arcila P., M.I.; Giraldo G., G.; Belalcázar C., S.; Cayón S., G.; Méndez G., J.C. 1998. Comportamiento postcosecha de los plátanos Dominico-Hartón y FHIA 21 en diferentes presentaciones. En: Seminario Internacional sobre Producción de Plátano. Armenia (Colombia), May 1988. Memorias. Armenia (Colombia), Corpoica-Universidad del Quindío. p.256-260. *CO-Corpoica, Armenia.
- Ferrer M., M. y Terrallardona D. S. s.f. Aplicación de las atmósferas artificiales. En: Frigoconservación y Manejo. Frutos, flores y hortalizas. Editorial AEDOS. Barcelona, España. p. 183-195.
- Laylieam, S., Kisuttrakun, M. 1998. Effects of harvest maturity. Journal of Food Quality (USA) (22) 539-544
- Medlicott, A. 1996. Manejo Poscosecha de FHIA 21, La Lima, Cortes, Honduras. 20p.
- Merchán V., V.M. 2000. Prevención y manejo de la sigatoka negra. ICA Seccional Caldas. Boletín Divulgativo. Segunda Edición. Manizales, Caldas, Colombia.30 p.
- Morales O., H.; Belalcázar C., S.; Cayón S., G. 2000. Efecto de la época de cosecha sobre la composición físico-química de los frutos de cuatro clones comerciales de musáceas. En: XIV Reunión de la Asociación para la Cooperación en Investigación de Banano en el Caribe y en América Tropical. San Juan (Puerto Rico). Resúmenes ACORBAT. p. 28. CO, Corpoica, Armenia.

Acondicionamiento del platano dominico hartón (*Musa AAB Simmonds*) con productos químicos y naturales, en el Quindío

Conditioning dominico-harton plantain (*Musa AAB Simmonds*) with chemical and natural products, in quindío

Carvajal E¹, A. M¹; Másmela C., M. A¹; y Arcila P., M. I.²

RESUMEN

En la región Andina Colombiana, tradicionalmente, el plátano Dominico Hartón ha sido comercializado por racimos, sistema para el cual no se ha desarrollado una forma apropiada de acondicionamiento. A raíz de las exigencias de los mercados nacionales especializados, algunos productores y comercializadores se han visto en la necesidad de adecuar el plátano para su venta, recurriendo al uso del Alumbre (Sulfato amónico de Aluminio) y a detergentes (Fab), con resultados poco efectivos debido a la mala presentación del fruto y a la situación fisiográfica de la zona cafetera central y socio-cultural de los productores e intermediarios. La adecuación del fruto con diferentes productos se ha vuelto una necesidad para mantener la calidad de la producción, por ello en el Centro Experimental "El Agrado", Montenegro, Quindío; se evaluaron diferentes productos, químicos y naturales para acondicionar el fruto de plátano para su venta en el mercado local; se registraron: los días a maduración; el peso fresco y la apariencia de los frutos durante la poscosecha; se utilizó un diseño de Bloques completos al azar con 9 tratamientos en 4 repeticiones. La adecuación de los frutos con diferentes productos, influye en el comportamiento de la maduración y en las pérdidas de peso. Se determinó que el acondicionamiento con jabón x 20 y la sábila al 15%, son los que ofrece mejores resultados en cuanto a la menor presencia de látex, mejor presentación del fruto y por su viabilidad económica.

Palabras claves: Poscosecha Plátano, Adecuación, Tratamiento del fruto

ABSTRACT

In the Colombian Andean Region, traditionally, the Dominico-Harton plantain has been commercialized by bunches, system for which there is not developed an appropriate form of conditioning. Due to the requirements of specialized national markets, some producers and merchants have had the necessity of adapt the plantain for its sale, using alum (aluminum ammoniac sulfate) and detergents (Fab), with few effective results due to the bad presentation of the fruit and the physiographic situation of the central coffee zone and the socio-cultural of producers and intermediaries. The conditioning of the fruit with different products has become a necessity to maintain the quality of production, for this in the experimental center "El Agrado", Montenegro, Quindío; different chemical and natural products have been evaluated to condition the plantain fruit for its sale at the local market, it was registered: the days to maturation, the fresh weight and appearance of the fruits during the postharvest; a complete randomized block design was used with 9 treatments and four repetitions. The conditioning of the fruits with different products, influences the behaviours of the maturation and the weight losses. It was determined that conditioning with soap 20 and "sábila" at 15% are the one that offer the best results with respect to less presence of latex, best presentation of the fruit and economic viability.

Index words: Plantain postharvest, conditioning, fruit treatment.

INTRODUCCIÓN

El plátano es un producto de gran importancia económica a nivel nacional, debido a que es uno de los principales productos en la canasta familiar, su explotación y comercialización gene-

ra ingresos y empleo. La calidad externa del Plátano es uno de los factores que motiva la compra y entre ellos la presentación de los frutos puede ser afectada por el látex que segregan éstos después del corte y que se adhiere a la cáscara, dándoles

1. Universidad del Quindío, apartado aéreo 460, teléfono 7460136, E-mail: UQ.@uniquindio.edu.com; Armenia, Quindío, Colombia.
2. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, apartado aéreo 1807, telefax (576) 7496331, E-mail: corpoarm@epm.net.co Armenia, Quindío, Colombia.

un mal aspecto (manchado del fruto). La adecuación del plátano para su comercialización en fresco incluye procesos de cosecha, selección, desmane, lavado, secado, rotulado y empaque (Montero, 1998). El proceso de lavado de frutos de Banano y Plátano en zonas de exportación ha obedecido al tratamiento de los gajos o dedos, por inmersión en una solución de agua mas alumbre al 1% durante 15 min. (Montero, 1998 ; Medlicott, 1996; Gallo, 1999; Medlicott, 1998). Al alumbre se le atribuye la propiedad de fluocular ó precipitar el látex, evitando el manchado y el posterior deterioro de la condición física de los frutos (UNIBAN, 1998). En las zonas de exportación se dispone de infraestructura eficiente para la adecuación del plátano, la cual, incluye tanques de lavado donde es depositado el alumbre y el agua fluye de manera permanente; situación contraria al sistema de adecuación del plátano en la zona cafetera que por las condiciones fisiográficas se recurre a la utilización de tanques móviles de plástico sin que haya renovación del agua durante el lavado en cada cosecha; de allí que el uso de alumbre sea poco efectivo, creando la necesidad de usar productos alternos como: detergentes (Fab), jabón x 20 (base alcalina); lonlife + merdeck y steol (shampoo Alemán) (Pardo, 1999; Gonzáles, 2000; Medlicott, 1996; respectivamente) que sean de baja precipitación. Castaño (2000) reporta que el plátano con destino industrial, lavado con alumbre retrasa el proceso de maduración. En la búsqueda de otras alternativas ecológicas para el lavado de frutos de Musáceas, Tapasco (1999) citado por Flórez *et al* (2001) evaluó el extracto de sábila en el lavado de frutos de Banano Gros Michel con resultados positivos; posteriormente, en el mismo cultivar Flórez *et al*. (2001) encontraron que el extracto de romero produce una buena cicatrización y controló adecuadamente problemas patológicos durante la poscosecha como la pudrición de la corona. Existen otras sustancias que pueden ser consideradas en el tratamiento del fruto de Dominico Hartón como: lonlife (extracto de semilla de cítricos) el cual es recomendado para control de Antracnosis en diversas especies; extracto de sábila (*Aloe vera*) ; jabón x 20 (shampoo colanta) y steol (shampoo Alemán), sobre los cuales se desconoce su eficiencia en evitar el manchado del fruto y sus efectos sobre el proceso de maduración. Ante el potencial de mercados de exportación

del plátano fresco y procesado producido en la región cafetera, es posible considerar entre otros, el uso de extractos naturales en el acondicionamiento de la fruta, máxime cuando se están imponiendo tecnologías de producción limpia, no sólo en precosecha sino en la adecuación y procesos de transformación posterior. Los objetivos del presente estudio fueron determinar los efectos de diferentes sustancias químicas y extractos naturales sobre la apariencia y el comportamiento poscosecha del fruto de Dominico Hartón y definir cual ó cuales de las sustancias y/o dosis dan mejor presentación del producto y su costo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló entre Diciembre del 2000 y Enero del 2001 en el centro experimental El Agrado ubicado en el Municipio de Montenegro, departamento del Quindío, a 4° 28' de latitud norte y 75° 49' de longitud oeste, 1310 m.s.n.m., temperatura media anual de 22°C, precipitación anual de aproximadamente 2100 mm y humedad relativa media 80%, condiciones correspondientes al bosque muy húmedo subtropical (bmh-ST); el suelo del campo experimental es de textura franco arenoso, pH 6 y 5.7% de materia orgánica. La densidad de siembra del cultivo fue de 1666 plantas/ha.

Castaño, N. 2000. Efecto del alumbre sobre la maduración de plátano. Oficina Corpoica, Armenia, Quindío. Productos la Niña. Comunicación personal.

Gonzales, S. 2000. Utilización de productos en el lavado del plátano. Finca la Helena, Montenegro, Quindío. Special, La Tebaida. Comunicación personal.

Pardo, H. 1999. Utilización de productos en el lavado del plátano. C.I. El Agrado, Montenegro, Quindío. Comerciante de Plátano. Comunicación person

Se cosecharon al azar cuatro racimos en el punto de madurez fisiológica del clon Dominico Hartón. Los frutos de cada racimo fueron desprendidos, mezclados al azar y se formaron grupos de 5 unidades para aplicar 9 tratamientos de acondicionamiento: Inmersión en alumbre (Sulfato amónico de aluminio) al 1% durante 15 min; detergente (Jabón FAB) al 0.05% por 5 min; Jabón base alcalina x 20 (shampoo de Colanta) al 2% por 5 min; Steol (Sampoo Alemán) al 1% por 5 min;

extracto de sábila (*Aloe vera*) al 5, 10 y 15 % durante 5 min; Steol 1% + Lonlife 1% por 5 min y un tratamiento testigo (sin lavado). Se registró el peso de los frutos en diferentes estados de maduración (verde oscuro, verde claro, amarillo verde y amarillo), los días transcurridos para cada cambio de estado de maduración, junto con la presencia de látex en el pedúnculo y la apariencia general del fruto. Se utilizó un diseño de Bloques completamente al azar con 9 tratamientos en 4 repeticiones; los datos generados fueron sometidos a análisis de varianza y a la prueba de comparación de medias de Duncan ($P<0.05$). Para determinar la relación beneficio/costo se realizó un análisis económico de presupuestos parciales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pérdidas de peso

Después de cosechado el fruto y durante la maduración se presentan pérdidas progresivas de peso (Arcila *et al.*, 2000; Burdon *et al.*, 1994). Las mayores pérdidas de peso del fruto (18 a 29 %) fueron presentadas por el testigo, la sábila al 15% y el steol + lonlife; los frutos de los tratamientos restantes registraron pérdidas menores (11 a 17%). Las diferencias en pérdidas de peso, registradas por aplicación de los diversos tratamientos fueron significativas ($P<0.01$). Los frutos lavados con Alum-

bre, que ha sido el producto tradicionalmente utilizado registraron bajas pérdidas de peso. Las pérdidas se deben posiblemente, a la pérdida de humedad de los frutos, por procesos de transpiración por la cutícula y estomas de la cáscara que dependiendo de la película dejada por el producto permiten la transpiración en mayor o menor intensidad, lo cual influye además en acelerar o retrasar la maduración.

Período de maduración

Los frutos de plátano se maduraron entre ocho y nueve días. Los tratamientos de lavado afectaron ligeramente el periodo de maduración de los frutos. El acondicionamiento de los frutos con steol y sábila al 10% fueron los que presentaron el menor periodo de tiempo a maduración (7 días). El tiempo transcurrido del estado verde al verde oscuro fue de 3 días para algunos tratamientos, con diferencias de 1 a 2 días menos con respecto al testigo; del estado verde al amarillo verde fue de 5 a 7 días. (Tabla 2).

Presentación de los frutos

Después de la cosecha, durante el proceso de adecuación del fruto, el lavado con diferentes productos obedece a la necesidad de evitar el man-

Tabla 1. Pérdidas de peso de frutos de plátano acondicionados con diferentes productos

Tratamientos	Pérdida de peso	
	Estado amarillo-verde (%)	Estado amarillo (%)
Alumbre	12,2 cd	16,5 cd
Detergente	11,7 cd	14,1 cd
Jabón x20	11,1 cd	16,8 cd
Steol	10,8 cd	15,9 cd
Sábila 5%	12,2 cd	16,2 cd
Sábila 10%	9,6 d	15,7 cd
Sábila 15%	21,8 a	29,1 a
Steol + Lonlife	15,2 bc	20,01 bc
Testigo	18,5 ab	23,1 b
CV(%)	22,5	16,3
Prueba F	**	**

** Prueba de F significativa ($P<0.01$)
Promedios con letras iguales entre columnas, son iguales estadísticamente según la prueba rango múltiple de Duncan ($P<0.05$).

Tabla 2. Período de maduración (días) de los frutos de Dominico Hartón acondicionados con diferentes productos

Tratamientos	Estado de Maduración		
	Verde claro	Amarillo verde	Amarillo
Alumbre	3 a	6 a	9 ab
Detergente	3 a	6 a	9 ab
Jabón x 20	3,7 a	6,5 a	9,2 a
Steol	2,5 a	5 a	7,5 b
Sábila 5%	3 a	6 a	9 ab
Sábila 10%	3,2 a	5,7 a	7,7 ab
Sábila 15%	3 a	6 a	9 ab
Steol + Lonlife	3 a	6 a	9 ab
Testigo	3,75 a	6,7 a	9,2 a
CV(%)	32	18,3	10,7
Prueba de F	n.s	n.s	*

* Prueba de F significativa ($P<0.01$)
n.s Prueba de F no significativa.
Promedios con letras distintas en cada columna, son estadísticamente según la prueba de rango múltiple de Duncan ($P<0.05$)

chado de la cáscara por derrame de látex. Buitrago y García (1991) afirman que el papel de ciertos productos, consiste en sellar los vasos conductores de látex (astringentes) durante el corte, siendo el alumbre el producto tradicionalmente empleado en las zonas de exportación en plátano y banana. El látex es una sustancia amorfa, translúcida, gomosa que se disuelve en el agua originando soluciones pegajosas que se adhieren a los frutos sumergidos en ella (Flórez *et al*, 2001); la cualidad que debe reunir un producto para lavar el plátano verde con su cáscara, es que debe precipitar ó aglutinar el látex que emana del pedúnculo, para que éste no manche su piel.

Los tratamientos con sábila al 15%, steol, steol + lonlife y jabón x 20 fueron los que presentaron los mejores resultados, en cuanto a la ausencia de látex y mejor apariencia del fruto en todos los estados de maduración. El lavado de los frutos con alumbre y detergente aunque presentaron buenos resultados en cuanto a la baja presencia de látex, registraron una apariencia regular durante todos los estados de maduración. Los tratamientos con sábila al 5 y 10% presentaron resultados no satisfactorios en cuanto a presencia de látex, con derra-

me en el resto del fruto, dando mala apariencia (Tabla 3).

El efecto que tiene la sábila en diferentes concentraciones sobre el derrame de látex del plátano Dominico Hartón, coincide en parte con lo reportado por García (1974) quien obtuvo beneficios en el acondicionamiento de Banano y afirma que la sábila posee acción bactericida e insecticida, con efectos beneficiosos. Aunque el tratamiento con Steol+lonlife es eficiente pero costoso, podría ser tenido en cuenta para otros procesos de comercialización del fruto con mayores exigencias de calidad ó en momentos en que éste producto requiriese ser almacenado. Las observaciones realizadas indican que lavar el fruto con algunos productos generan una protección del mismo contra patógenos durante la maduración.

Análisis Económico

El análisis económico realizado sobre los tratamientos que cumplen con los objetivos propuestos y tomando como base una tonelada de producto tratado arrojó que el jabón x 20 y la sábila al 15%, son los más viables económicamente (Tabla 4).

Tabla 3. Apariencia de los frutos acondicionados con productos químicos y naturales

Tratamiento	Presencia de látex en el pedúnculo.	Apariencia del fruto en estado verde.	Observaciones.
Alumbre	Escasa	Regular	Un bajo número de frutos en estado amarillo presentaron patógenos en el ápice.
Detergente	Escasa	Regular	La totalidad de los frutos en estado amarillo presentaron patógenos en el ápice.
Jabón X 20	No	Buena	Un bajo número de frutos en estado amarillo presentaron patógenos en el ápice.
Steol	No	Buena	La mitad de los frutos en estado amarillo presentaron patógenos en el ápice.
Sábila 5%	Abundante	Mala	Todos los frutos en estado amarillo y amarillo verde presentaron patógenos en el ápice.
Sábila 10%	Abundante	Mala	El 50% de los frutos en estado amarillo y amarillo verde presentaron patógenos en el ápice,
Sábila 15%	No	Buena	La mitad de los frutos en estado amarillo presentaron patógenos en el ápice.
Steol + Lonlife	No	Buena	El 50% de los frutos en estado amarillo presentaron patógenos en el ápice.
Testigo	Abundante	Mala	La mitad de los frutos en estado amarillo y amarillo verde presentaron patógenos en el ápice,

Tabla 4. Análisis de dominancia de la respuesta en pérdida de peso y apariencia del fruto acondicionado con los productos que dieron mejor respuesta en evitar el manchado por látex

Tratamientos	Ingreso neto (\$)	Costo variable (\$)
Steol	234950	53350 D
Steol + Ionlife	214250	58200 D
Jabón x 20	208500	48935
Sábila	189600	45000
D: Tratamientos dominados Tasa de cambio= US\$ 2280		

CONCLUSIONES

La adecuación del plátano con los diferentes productos influye sobre las pérdidas de peso de los frutos y el ciclo de maduración

Los mejores productos para acondicionar el plátano Dominico Hartón para su venta en el mercado nacional, desde el punto de vista técnico y económico fueron el jabón x 20 y la sábila al 15%.

RECONOCIMIENTOS

Los autores del presente trabajo agradecen a Corpoica, al Comité Departamental de Cafeteros del Quindío y a la Facultad de Química de la Uni-

versidad del Quindío, por el apoyo dado para la realización de éste.

LITERATURA CITADA

- Buitrago, O; García, L. 1993. Apropriación de tecnologías para la conservación y el manejo del banano, *Musa spp* clon bocadillo erpo AA (adecuación, empaque, almacenamiento). Trabajo de grado, Universidad Gran Colombia, facultad de ingeniería agroindustrial. Armenia, Quindío, Colombia.
- Flórez, E. L; Mejía, L.F; Gómez, A; Tapasco, B. 2001. Evaluación de los extractos vegetales de sábila, Caléndula y Romero como cicatrizantes en el proceso poscosecha de Banano Gros Michel orgánico en veredas del municipio de Manizales. Universidad de Caldas, Manizales, Caldas, Colombia. 9p.
- Gallo, F. 1999. Manejo poscosecha de frutas y hortalizas, cartilla No. 4. Convenio SENA-Olimpica. 1ª Ed. CM Impresores, Armenia, Quindío. 17 p.
- García, B. 1974. Flora medicinal de Colombia. Botánica médica, Tomo I. Instituto de ciencias naturales, Bogotá D.E, Colombia. 9p.
- Medlicott, A. 1996. Manejo poscosecha de plátano FHIA21, La Lina, Cortes, Honduras. 20 p.
- Medlicott, A. 1998. Seminario internacional sobre producción de plátano. Manejo poscosecha de plátano para exportación. Convenio SENA- Reino Unido, Armenia, Quindío, Colombia. pp 275-283.
- Montero, E. 1998. Módulo 3. Preparación de Plátano para la Comercialización. En: Manejo poscosecha y comercialización del Plátano. Programa poscosecha, convenio SENA - Reino Unido, Fudesco, Armenia, Quindío, Colombia. pp. 3 - 38
- UNIBAN, 1998. Guía práctica para el cultivo del banano en Urabá. Tipo tip, Artes gráficas. Urabá, Colombia. 55p.

Comportamiento físico, químico y organoléptico de frutos de plátano dominico-hartón sometidos a diferentes sistemas de almacenamiento y tipos de empaques en el Quindío

Physic, chemical and "organoléptico" behavior of dominico-harton plantain fruits subject to different storage systems and wrapping types in the Quindío

Gómez S., G.A.; Jurado C., Y.; Arcila P., M.I.

RESUMEN

El plátano es un producto básico en la canasta familiar de los colombianos, su mercado se hace principalmente en fresco, registrando pérdidas del 10% y daños durante su distribución al consumidor. Para determinar formas de conservar la calidad del plátano al momento de la cosecha, se evaluó el comportamiento físico, químico y organoléptico del fruto bajo diversos empaques y temperaturas de almacenamiento (Ambiente-25°C, 13°C y 7°C). Se aplicó un diseño de Parcelas subdivididas con dos réplicas. Se dedujo que el empaque y el sistema de almacenamiento influyen sobre la vida verde y la maduración del plátano, se determinó que almacenar el producto bajo 13°C y 7°C ayuda a prolongar la vida útil hasta 22 días; el estado verde se logra conservar en bolsa de papel perforado recubierta con bolsa plástica transparente; éstos resultados son de utilidad para los actores de la cadena productiva del plátano como comerciantes (minoristas, detallistas), industriales y consumidores.

Palabras claves: Conservación de plátano, Poscosecha, Vida útil.

ABSTRACT

The plantain is a basic product of colombian "canasta familiar", its marketing is done as a fresh fruit, with registered losses of 10% and damages during its consumer distribution. To determine ways of keeping the quality of plantain at harvesting time, the physic, chemical and "organoléptico" of the fruit under various wrapping and storage temperatures (environment 25°C, 13°C and 7°C). A split plot design with two repetitions was used. It was found that the wrapping and storage system affects the green life and maturation of plantain, it was determined that storing the fruit at 13°C and 7°C helps to extend the useful life of the fruit twenty two days; the green state is maintained in perforated paper bags recovered with transparent plastic bags; these results are useful to the agents of the plantain productive chain such as merchants (retailers), industrials and consumers.

Index words: Plantain conservation, post harvest, useful life.

I

INTRODUCCIÓN

En la región cafetera central (Quindío, Caldas, Cauca, Tolima y Risaralda) se produce generalmente el clon Dominico-Hartón con un 31,7% de la producción nacional en 125.000 hectáreas, la cual tiene como destino el mercado local y los mercados de Cali, Bogotá, Medellín e Ibagué. El producto que sale del departamento del Quindío se comercializa en la mayoría de los casos en racimos y una minoría en canastillas plásticas y en unidades. Durante la fase poscosecha del plátano se presenta un gran número de daños y pérdidas físicas (Duque y Bohórquez, 1998), en especial por el transporte y el tipo de empaque utilizado, no existiendo alternativas funcionales y prácticas que garanticen la conservación del producto. El almacenamiento tradicional al ambiente, se asocia con pérdidas de peso por deshidratación del fruto, acelerando procesos fisiológicos como la maduración (Montero, 1998). El plátano,

cas y en unidades. Durante la fase poscosecha del plátano se presenta un gran número de daños y pérdidas físicas (Duque y Bohórquez, 1998), en especial por el transporte y el tipo de empaque utilizado, no existiendo alternativas funcionales y prácticas que garanticen la conservación del producto. El almacenamiento tradicional al ambiente, se asocia con pérdidas de peso por deshidratación del fruto, acelerando procesos fisiológicos como la maduración (Montero, 1998). El plátano,

* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA. Apartado aéreo 1807, Armenia, Quindío, Colombia. Teléfono (576) 7496331, Fax (576) 7496331. E-mail: corpoarm@epm.net.co

por ser un producto medianamente perecedero, susceptible a daños por frío, de alta rotación en el mercado local y nacional, limita en gran medida el desarrollo de un empaque encaminado a prolongar por más tiempo su vida útil. (Ferrer y Terrallardona, s.f.) afirman que la manipulación del plátano es muy delicada, acentuando que plátanos del grupo Sinensis deben ser cubiertos con paja y papel kraft y los bananos Gros michel, pueden ir embalados en el interior de sacos de polietileno.

En el caso del plátano de exportación se está empleando el sistema de refrigeración, complementado con el uso de la atmósfera modificada, para alargar el período de vida de almacenamiento. La conservación del plátano verde ocurre en un período de 24 a 48 horas cuando se almacena a 12,5°C, humedad relativa del 80-95%, con 1-2 renovación de aire diarios (Ferrer y Terrallardona, S.F.). El presente tiene por objetivo conocer el efecto del empaque sobre la conservación físico, química y organoléptica de los frutos de Dominico Hartón

MATERIALES Y MÉTODOS

En el Centro de Investigación El Agrado, localizado en Montenegro, Quindío, ubicado a 1.320 m.s.n.m., se cosecharon 20 racimos de plátano Dominico-Hartón a los 140 días después de floración; una vez desmanados e individualizados los frutos en estado verde-oscuro, se sumergieron en una solución de alumbre (Sulfato amónico de aluminio) al 1% durante 15 minutos (para evitar el derrame de látex), posteriormente se dejaron escurrir y se mezclaron, seleccionando al azar de a dos frutos para ser sometidos a ocho empaques o tratamientos (bolsa plástica transparente perforada y sin perforar, bolsa de papel perforada y sin perforar, bolsa plástica negra perforada y sin perforar, papel más bolsa plástica transparente y un testigo, sin empaque), el número de perforaciones fue al 3% del área total de la bolsa (área de perforación 0,2 cm²), así para cada empaque: Bolsa transparente (114 perforaciones); Bolsa papel kraft (114 perforaciones); Bolsa negra (162 perforaciones), todos los cuales se almacenaron a diferentes temperaturas (25°C, 13°C y 7°C en nevera). Cada cuatro días por un lapso de 30 días, se evaluaron los cambios físicos de los frutos (firmeza, cambio de color, daños físicos y lesiones), los cambios químicos (Sólidos Solubles Totales, SST y Acidez Titulable, AT)

y las propiedades organolépticas de productos elaborados a partir de cada tratamiento, mediante entrega del producto a consumidores para su preparación y evaluación de color, textura, sabor, olor. Los datos generados fueron sometidos a análisis de varianza y para la comparación de medias se utilizó la prueba de rango múltiple de Duncan ($P < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento físico y químico

Pérdida de peso de los frutos

Los frutos refrigerados ya sean en nevera (7,6°C) ó a temperatura controlada (13,2°C) prolongaron su vida útil hasta 2 y 3 veces más que al ambiente (22 días). Bajo condiciones ambientales, los frutos maduraron en 8 días. Se encontraron marcadas diferencias en las pérdidas de peso del fruto dependiendo del empaque utilizado; los frutos empacados en bolsa de papel fueron los que perdieron más peso, seguidos de los empacados en bolsa transparente plástica perforada que tuvieron un comportamiento similar al testigo, por último en las bolsas plásticas negras. El producto almacenado bajo la temperatura controlada registró altas pérdidas de peso y los valores variaron de acuerdo al empaque, registrando los frutos a los 5 días de almacenados, pérdidas significativas, con las bolsas de papel perforada, excepto las de color negro tanto perforada como sin perforar. Las menores pérdidas de peso la presentaron los frutos envueltos en bolsa de papel perforada mas bolsa transparente. Los frutos almacenados en la nevera retardaron su maduración y las pérdidas de peso fueron mayores o menores, dependiendo del empaque utilizado. Hacia los 22 días las pérdidas de peso se hicieron máximas. Algunos empaques que retrasaron las pérdidas de peso fueron papel perforado más bolsa transparente, seguida de la bolsa plástica negra y transparente sin perforar. La bolsa de papel sin perforar aceleró la pérdida de peso de los frutos y consecuentemente el proceso de maduración (Tabla 1). Las pérdidas de peso del fruto se deben posiblemente al intercambio de gases, al proceso de respiración y a la pérdida de vapor de agua. Esto coincide con lo reportado por Thompson (1998) quien asegura que las pérdidas en peso de los frutos se aumentan a medida que

se incrementa el tamaño y el número de perforaciones en bolsas de polietileno; explica que el grado de permeabilidad de la película inciden en el deterioro de los productos, debido a la acumulación de agua, concentración de gases mientras que la bolsa es perforada se regularía el intercambio gaseoso. Las mayores reducciones de peso del Testigo a 13°C en comparación a los de 7°C, coinciden con lo expresado por Medlicott (1998) y Ferrer y Terrallardona, s.f. quienes afirman que los plátanos sometidos a temperaturas de 12.5°C sufren daños por frío y éstas pueden ser menores en empaques sin perforaciones, ya que la circulación de aire facilita la deshidratación de la cutícula de la cáscara.

Firmeza

Durante la maduración, el fruto modifica su textura de manera progresiva. La firmeza de los frutos al ambiente no fue afectada por los diferentes empaques en comparación al testigo. La firmeza

de los frutos refrigerados a 13,2°C, en los primeros 7 días de almacenamiento varió dependiendo del empaque, la menor firmeza la presentaron los tratamientos bolsa transparente sin perforar, bolsa transparente perforada, bolsa negra perforada, bolsa negra sin perforar, bolsa papel perforada mas bolsa transparente y testigo. Los valores de firmeza se mantuvieron similares en frutos donde habían transcurrido 14 y 22 días de almacenamiento. En nevera los frutos que presentaron menor firmeza a los 5 y 7 días de almacenamiento fueron los que estuvieron en bolsa de papel perforada y sin perforar, bolsa negra sin perforar y bolsa papel perforada más bolsa transparente; a los 14 y 22 días la pérdida de firmeza fue menor sin diferencias significativas entre los empaques utilizados (Tabla 2).

Sólidos solubles totales, SST

Partiendo de la base de que los frutos al primer día de cosecha presentaron alrededor del 8% de

Tabla 1. Pérdida de peso (g) de frutos de plátano Dominico-Hartón sometidos a tres sistemas de almacenamiento y a diferentes empaques

Empaque	Ambiente (25,2°C)		Temperatura controlada (13,2 °C)				Nevera (7,6°C)			
Días después de cosecha	5	8	5	7	14	22	5	7	14	22
Bolsa plástica transparente sin perforar	5,4cd	7,7c	2,2b	7,1b	14,4d	5,8c	2,8b	2,4e	4,2d	6,6ab
Bolsa plástica transparente perforada	29,6bc	46,7b	43,3a	23,8b	109,8abc	155,1b	14,0ab	28,2bc	59,3bc	93,5a
Bolsa papel perforada	42,5ab	79,0a	88,2a	87,1 ^a	164,8a	293,5d	14,9ab	37,4ab	88,7ab	66,6ab
Bolsa papel sin perforar	62,3 ^a	86,9 ^a	36,9b	71,7 ^a	140,5ab	--	33,1a	45,5 ^a	92,5a	--
Bolsa plástica negra perforada	0,3d	18,9bc	0,2b	16,4b	64,3cd	127,9b	0,0b	7,6de	41,7c	73,6ab
Bolsa plástica negra sin perforar	9,2cd	12,0c	0,7b	2,6b	9,4d	10,5c	4,4b	2,7e	9,3d	6,0ab
Bolsa papel perforado + Bolsa transparente	0,6d	3,8c	0,0b	3,0b	8,4d	12,8c	0,1b	0,7e	2,6d	4,1b
Testigo (sin empaque)	1,3d	40,5b	0,2b	28,8b	91,0bc	169,0b	0,1 ^a	17,5cd	64,8abc	72,0ab
C.V (%)	31,7	18,5	55,3	24,9	19,7	20,8	75,9	17,8	16,1	46,2
Prueba de F (empaque)	**	**	*	**	**	**	n.s	**	**	n.s
Valores entre columnas con letras iguales no difieren entre si según la prueba de Tukey (P <0,05)										
(—) Muestra inexistente.										

Tabla 2. Firmeza (Textura lb/p) de frutos de plátano Dominico-Hartón sometidos a tres sistemas de almacenamiento y a diferentes empaques

Empaque	Ambiente (25,2°C)		Temperatura controlada (13,2°C)				Nevera (7,6°C)			
	5	8	5	7	14	22	5	7	14	22
Días después de cosecha										
Transparente sin perforar	2,5a	1,2b	3,5a	4,1bc	2,1a	1,9a	9,3abc	6,5b	5,0a	3,0b
Transparente perforado	3,1a	2,2ab	12,7a	4,0bc	3,1a	1,5a	14,1a	4,8b	3,7a	2,7b
Papel perforado	2,7a	2,5ab	9,3a	10,6 a	3,0a	1,3a	6,6abc	3,5b	2,0a	1,4 ^a
Papel sin perforar	3,7a	3,0ab	12,1a	7,2b	2,8a	- -	4,3c	2,5b	1,7a	- -
Negro perforado	2,7a	2,0ab	9,0a	3,5c	2,0a	2,5a	7,5abc	4,b	6,5a	5,6 ^a b
Negro sin perforar	2,3a	1,5ab	4,6a	3,1c	2,6a	2,3a	4,5c	4,8b	3,5a	2,7b
Papel perforado + Transparente	3,3a	1,8ab	12,3a	2,6c	2,5a	2,3a	5,6bc	7,6b	5,8a	7,0ab
Testigo (sin empaque)	5,0a	3,2 ^a	11,0a	4,0bc	2,8a	2,5a	13,3ab	18,5a	8,8a	10,6a ^b
C.V (%)	52,8	19,4	30,0	16,4	31,9	39,6	24,6	23,3	43,1	37,0
Prueba de F (empaque)	n.s	n.s	n.s	**	n.s	n.s	*	**	n.s	n.s

Valores entre columnas con letras iguales no difieren entre si según la prueba de Tukey (P <0,05)

SST, se observó que la concentración de éstos en los frutos sometidos a diferentes empaques fue significativa, solamente a los 5 días de estar almacenados al ambiente, frutos con el mismo período de almacenamiento y refrigerados a 7°C y 13°C retrasaron su metabolismo. Los cambios de la concentración del fruto bajo los diversos empaques refrigerados no fueron significativos (Tabla 3).

Ácido málico

Los frutos al primer día de cosecha tenían aproximadamente 0,5% de ácido málico. La concentración de ácidos orgánicos intervienen en el sabor y aroma que posee el plátano durante su maduración, incrementándose a través de este proceso. Los frutos mantenidos al ambiente, sin empaque, presentaron aumentos en el contenido de

Tabla 3. Sólidos Solubles Totales (%) de frutos de plátano Dominico-Hartón sometidos a tres sistemas de almacenamiento y a diferentes empaques

Empaque	Ambiente (25,2°C)		Temperatura controlada (13,2°C)				Nevera (7,6°C)			
	5	8	5	7	14	22	5	7	14	22
Días después de cosecha										
Transparente sin perforar	12,5ab	19,0ab	8,5ab	6,0 a	14,0 a	13,5 a	8,5ab	9,0a	10,0 a	10,5abc
Transparente perforada	12,0ab	12,5b	6,5b	8,0 a	16,0 a	16,0 a	10,5 ab	11,5 a	14,0 a	16,0 a
Papel perforado	8,5b	23,0 a	9,5ab	9,0 a	15,0 a	13,0 a	9,5ab	11,0 a	9,0 a	6,5bc
Papel sin perforar	14,5ab	19,0 a	9,5ab	6,5 a	12,0 a	- -	9,5ab	12,0 a	14,0 a	- -
Negro perforada	8,5b	24,0a	9,5ab	8,5 a	14,0 a	14,5 a	9,0ab	8,5 a	11,0 a	10,0abc
Negro sin perforar	7,5b	20,0ab	9,0ab	11,5 a	15,0 a	11,5 a	10,0ab	14,0 a	9,5 a	11,5ab
Papel perforado + transparente	10,0b	18,5ab	9,0ab	15,5 a	16,0 a	16,0 a	12,0a	8,5 a	10,0 a	11,5ab
Testigo (sin empaque)	24,5 a	22,0 a	11,5 a	10,0 a	9,5 a	12,5 a	6,5b	10,5 a	10,0 a	4,5c
C.V (%)	25,9	9,9	8,3	30,4	15,7	8,3 1	3,5	20,7	14,8	15,0
Prueba de F (Empaque)	**	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s

Valores entre columnas con letras iguales no difieren entre si según la prueba de Tukey (P <0,05)

ácido durante la maduración, lo cual coincide con lo reportado por Arcila *et al* (1997), al cabo de 5 días presentaron concentraciones del ácido que no fueron significativas; los frutos empacados en bolsa plástica negra sin perforar y papel mas plástico alcanzaron mayores concentraciones que los demás tratamientos, a los 8 días. Los frutos refrigerados a 13 °C durante 22 días mantuvieron la concentración de ácido, sin presentarse diferencia significativa por efecto del empaque. A diferencia del ambiente, no hay incrementos en la acidez sino que tiende a estabilizarse. Frutos refrigerados a temperaturas de 7°C, presentaron durante el almacenamiento ligeras variaciones en el contenido del ácido, así, en los primeros 14 días de almacenamiento la concentración de ácido fue similar entre los diversos empaques con ligeras variaciones (Tabla 4)

Aceptabilidad Organoléptica

Los frutos mantenidos al ambiente, empacados en bolsas transparentes perforadas y sin perforar, papel perforado + transparente y testigo contribuyeron al desarrollo de patógenos y descomposición que imposibilitó la evaluación organoléptica. Los frutos refrigerados a 13°C que tuvieron un desempeño normal o aceptable fueron los procedentes de los empaques: transparente sin perforar y per-

forado; papel perforado + transparente. Los frutos almacenados en nevera a 7,6°C, presentaron en algunos casos lesiones por frío, depresiones o algo pasmado del fruto que dificultó la labor de análisis de la degustación como ocurrió con los empaques: Transparente sin perforar, papel perforado, negro perforado y sin perforar; los plátanos que no tuvieron alteraciones o problemas en la fase de degustación fueron los procedentes de empaques como : Papel perforado + transparente, transparente perforado con una valoración buena en cada uno de las propiedades organolépticas. Los plátanos sin empaque fueron los que sufrieron en gran medida daños o defectos que afectaron la prueba organoléptica por estar mas expuestos a las bajas temperaturas o frío excesivo lo cual se reflejo en cada uno de los aspectos evaluados como pelado, textura, color, sabor, los cuales fueron de aceptabilidad general muy regular. En términos generales, al ambiente, las muestras a los 5 y 8 días alcanzan su vida útil poscosecha, con un consumo aceptable o bueno. Bajo refrigeración (13°C ó 7°C), las muestras permitieron un registro de valoración organoléptica o aceptación general por un periodo de tiempo mayor (22 días aproximadamente), excepto las correspondientes a los frutos sin ninguna envoltura (testigo) y los empacados en bolsa de papel perforado y el testigo, ya que se logró

Tabla 4 Concentración de ácido málico en frutos de plátano Dominico-Hartón sometidos a tres sistemas de almacenamiento y a diferentes empaques

Empaque	Ambiente (25,2°C)		Temperatura controlada (13,2°C)				Nevera (7,6°C)			
Días después de cosecha	5	8	5	7	14	22	5	7	14	22
Bolsa plástica transparente sin perforar	0,58 a	0,93ab	0,63 a	0,72 a	0,42 a	0,67 a	0,70 a	0,60b	0,56 a	0,71 a
Bolsa plástica transparente perforada	0,58 a	0,60b	0,58 a	0,65 a	0,70 a	0,62 a	0,67 a	0,77b	0,71 a	0,57ab
Bolsa papel perforada	0,73 a	0,62b	0,45 a	0,72 a	0,62 a	0,49 a	0,69 a	0,69b	0,49 a	0,16 b
Bolsa papel sin perforar	0,53 a	0,54b	0,37 a	0,71 a	0,64 a	--	0,58 b	0,78b	0,79 a	--
Bolsa plástica negra perforada	0,55 a	0,62b	0,36 a	0,71 a	0,56 a	0,56 a	0,69 a	0,59b	0,53 a	0,39ab
Bolsa plástica negra sin perforar	0,80 a	1,49 a	0,62 a	0,70 a	0,66 a	0,57 a	0,72 a	0,70 b	0,61 a	0,56ab
Bolsa papel perforado + Bolsa transparente	0,68 a	1,53 a	0,53 a	0,67 a	0,74 a	0,66 a	0,66ab	0,70 a	0,66 a	0,38ab
Testigo (sin empaque)	0,62 a	0,60 b	0,30 a	0,61 a	0,62 a	0,59 a	0,26c	0,49b	0,53 a	0,31ab
C. V (%)	12,0	22,4	64,8	5,8	38,6	20,8	3,4	10,4	15,2	29,7
Prueba de F (empaque)	n.s	**	n.s	n.s	n.s	n.s	**	*	n.s	*

Valores entre columnas con letras iguales no difieren entre si según la prueba de Tukey (P<0,05).

reducir en cierta medida el deterioro o pérdida del fruto permitiendo así una conservación mas propicia que al ambiente con una valoración aceptable o buena y en casos especiales regular (Tabla 5).

CONCLUSIONES

El sistema de almacenamiento y el tipo de empaque inciden notoriamente en la conservación y calidad de los frutos durante la poscosecha.

Las muestras al ambiente 25,2°C tuvieron una vida poscosecha de 8 días. Mientras que las muestras bajo temperaturas de refrigeración de 13,2°C y 7,6°C retrasaron sus procesos fisiológicos hasta 22 días.

La mayor conservación del plátano Dominico Hartón en estado verde se logró con la refrigeración a 7.6°C y empacados en bolsa papel perforada cubierto de plástico transparente.

RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen al Comité de Cafeteros del Quindío, SENA Quindío (Laboratorio Postcosecha) y a Corpoica, sus valiosas contribuciones para el desarrollo de este estudio.

LITERATURA CITADA

- Arcila P. M.I.; Giraldo, G.; Cayón S, G.; Celis, F.E; Duarte, J. 2000. Influencia de las condiciones ambientales sobre las propiedades físicas y químicas durante la maduración del fruto del plátano Dominico-Hartón (*Musa AAB Simmonds*) en la región cafetera central Colombiana. En: Primer simposio tecnologías de manejo de postcosecha de frutas y hortalizas para mercado interno y de exportaciones en Iberoamérica y los resúmenes de los trabajos libres. Universidad Nacional de Colombia. p. 158. 159.
- Duque, A.L. y Bohórquez, Y. 2000. Modelo para la determinación de pérdidas poscosecha del plátano Dominico Hartón (*Musa AAB Simmonds*) producido en el departamento del Quindío. En: Cayón, S. G.; Giraldo, G. G.; Arcila, P. M.I. Postcosecha y Agroindustria del Plátano en el Eje Cafetero de Colombia. Armenia (Colombia), FUDESCO, p. 153-158. (Doc. 17849) *CO-BAC, Santafé de Bogotá.
- Ferrer M., M. y Terrallardona D., S. s.f. Aplicación de las atmósferas artificiales. En: Frigoconservación y Manejo. Frutos, flores y hortalizas. Editorial AEDOS. Barcelona, España. pp. 183-195.
- Medlicott, A. 1996. Manejo poscosecha de plátano FHIA21, La Lina, Cortes, Honduras. 20 p.
- Montero, E. 1998. Módulo 3. Preparación de Plátano para la Comercialización. En: Manejo poscosecha y comercialización del Plátano. Programa poscosecha, convenio SENA - Reino Unido, Fudesco, Armenia, Quindío, Colombia. P. 3-38
- Thompson, A.K. 1998. Tecnología poscosecha de frutas y hortalizas. Convenio SENA-Reino Unido. SENA-DFID-NRI. 1ª ed, Armenia, Colombia. p 92-93.

Tabla 5. Aceptación general de productos elaborados a partir de plátanos conservados en diferentes tipos de almacenamientos y empaques

Empaques	Ambiente		Temperatura controlada (13°C)				Nevera (7.6°C)			
	Días		Días				Días			
Días después de cosecha	5	8	5	7	14	22	5	7	14	22
Bolsa transparente sin perforar	B	-	B	B	B	B	B	B	B	B
Bolsa transparente perforada	B	-	B	B	B	B	B	B	B	B
Bolsa papel perforada	B	B	B	B	B	R	B	B	B	R
Bolsa papel sin perforar	B	B	B	B	B	-	B	B	B	-
Bolsa negra perforada	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Bolsa negra sin perforar	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Bolsa papel perforada + bolsa transparente	B	-	B	B	B	B	B	B	B	B
Testigo (sin empaque)	B	B	B	B	B	R	B	R	B	R
Escala B = bueno R = regular M = malo										

Efecto del empaque sobre la conservación y vida poscosecha del fruto verde del plátano semiprocésado en el Departamento del Quindío

Effect of packing on the conservation and life postharvesting of green fruits of plantain semiprocess in the Departament of Quindío

Walteros C., N.B.¹; Ramírez B., C.¹; Arcila P., M.I.².

RESUMEN

El estudio se desarrolló entre el mes de diciembre de 2000 y enero de 2001, en frutos verdes de Dominico Hartón. Se determinó el efecto del empaque sobre la conservación y vida poscosecha del fruto verde semiprocésado y su periodo máximo de conservación. Se cosecharon cuatro racimos de 120 días de edad, los racimos se desmanaron Los plátanos empacados al vacío y sometidos a refrigeración conservaron su calidad por 11 días. El empaque en bolsa plástica logró conservar las características de los plátanos como fruto verde durante 7 días. Pelar los plátanos verdes y ponerlos en la nevera no es práctica adecuada que permita la conservación del producto y la preservación del producto de sus cualidades culinarias cuando se desea preparar como patacón, siendo mejor dejar los plátanos con cáscara y al ambiente.

Palabras claves: Plátano, Poscosecha, Industrialización, Semiprocésados.

ABSTRACT

The study was carried out between the month of December of 2000 and January of 2001, in green fruits of Dominico-Hartón. The effect of packing on the conservation and postharvest life of the green fruits semiprocessed and its maximum period of conservation. Four bunches of 120 days of age were harvested, the bunches were severed the small stems. The plantains vacuum packed and refrigerated conserved its quality for 11 days. The packing in plastic bags conserved the characteristics of the plantains as a green fruit during 7 days. Peel off the green plantains and putting them in the refrigerator it isn't a good practice that permits the conservations of the product and the preservation of its culinary properties when it is desired to prepare it as a "patacón", it is better to leave the plantains with peel and at ambient.

Index words: plantain, postharvest, industrialization, semiprocess.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, los cambios generados por las tendencias de consumo hacia los productos semiprocésados ó transformados han influido en la disminución del consumo del producto en fresco; igualmente, son preferidos los productos listos para consumir y además naturales, sin aditivos y que puedan preservar las propiedades organolépticas y nutricionales bajo las mejores condiciones higiénicas. En los últimos 50 años se han aplicado a gran escala, técnicas de refrigeración que han evolucionado paralelamente

con los cambios en las costumbres de los seres humanos, donde el refrigerador doméstico se ha convertido en el más grande auxiliar de las amas de casa. Los productos hortofrutícolas tienden por naturaleza a senescer y a descomponerse por reacciones de fermentación y putrefacción, lo cual hace necesario el desarrollo de técnicas especiales como el frío para retardar el metabolismo, estabilizar el contenido nutricional en tejidos de productos vegetales y el mantenimiento del gusto del producto (Ferrer y Terrallardona, s.f.). Aristizabal y Ruiz (1989) lograron conservar plátanos pelados,

1. Universidad del Quindío. Apartado aéreo 460. Armenia, Quindío, Colombia. Teléfono (576) 7460136. E-mail: UQ@uniquindio.edu.co. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, apartado aéreo 1807, telefax (576) 7496331, E-mail: corpoarm@epm.net.co Armenia, Quindío, Colombia.

empacados al vacío durante 25 días. Con este trabajo se pretende establecer el periodo máximo de vida verde del fruto de Dominico-Hartón, semiprocado (pelado) sometido a diferentes tratamientos de empaque sin aditivos químicos, resultados que pueden ser de utilidad para prolongar la vida del producto en anaquel tanto en los supermercados como a nivel casero.

METODOLOGÍA

El estudio se desarrolló entre el mes de diciembre de 2000 y enero de 2001, en frutos verdes de Dominico-Hartón cosechados a los 120 días después de la floración, en el Centro Experimental El Agrado en el municipio de Montenegro (Quindío), con una altitud de 1310 (m.s.n.m.), una precipitación de 2100 (mm), humedad relativa media 80% y una temperatura media de 22°C. Los plátanos ya cosechados se sometieron a un proceso de adecuación que consistió en el desmanado, lavado con agua y pelado de los frutos, posteriormente se empacaron (dos unidades por bolsa). Se evaluaron cuatro tratamientos, tres de los cuales se sometieron a refrigeración con los siguientes empaques: al vacío en bolsas de calibre de 70 micras; empaque en bolsa plástica transparente de baja densidad 10x16 calibre 0.8 y sin empaque, el cuarto tratamiento fué el testigo (plátanos sin pelar, al ambiente con una H.R del 80% y una temperatura media de 23°C). Cada 4 días, durante un mes se registró el peso, la firmeza, la apariencia, propiedades culinarias y la concentración de sólidos solubles y ácido málico. Se aplicó un diseño de parcelas divididas donde la parcela principal comprendió el empaque y la subparcela a la época de muestreo (Días de almacenamiento) con dos réplicas. Los registros se sometieron al análisis de varianza respectivo y a la prueba de comparación de medias, según rango múltiple de Tukey ($P < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características físicas y químicas del fruto

Pérdida de peso del fruto

Durante la refrigeración, la temperatura se mantiene por encima del punto de congelación (entre 1 y 10°C), lo cual frena los procesos fisiológicos y limita la infección microbiana (Ferrer y

Terrallardona, s.f.). La pérdida de agua desde el producto, se realiza en forma de vapor, por parte de los tejidos vivos, fenómeno que se conoce con el nombre de transpiración. A medida que transcurre el tiempo de almacenamiento, los frutos de plátano refrigerados sin empaque pierden peso significativamente (52,6%), seguido de las muestras testigo ambiente con un 14.2%, debido posiblemente a la presencia de la cáscara que protege la pulpa de la deshidratación y también posiblemente, a diferencias de temperaturas y H.R., entre ambas condiciones de almacenamiento (la nevera y el ambiente). Las pérdidas más bajas se presentaron en los frutos con bolsa plástica (1.28%) y los empacados al vacío (0.38%) refrigerados, siendo éstos los que más evitaron la transpiración de los frutos, (Tabla 1).

Firmeza del fruto

Uno de los cambios más evidentes de la maduración lo constituye el ablandamiento del fruto, el cual esta relacionado con mecanismos de degradación de la pared celular. Los empaques y el tiempo de almacenamiento intervienen en los cambios de firmeza del fruto. Con el empaque al vacío se muestra una variación poco significativa en la firmeza, disminuyendo en 5,3 Lb/in² durante todo el proceso de almacenamiento mientras que en la bolsa plástica se presentó una disminución significativa de 11,2 Lb/in², siendo más drástica a partir de los 18 días de almacenamiento. La diferencia de textura entre los frutos de ambos tratamientos, se debe posiblemente al mayor intercambio gaseoso con el empaque en bolsa plástica (Tabla 2). Las muestras sin empaque refrigeradas presentaron disminución en la firmeza hasta el día 7 (3,5 Lb/in²), en el día 11 se presentó un aumento de 5,3 Lb/in² y a partir de allí, la muestra adquirió una consistencia dura y seca. En las muestras testigo de observó como es natural una progresiva disminución en la firmeza durante todo el almacenamiento de 13,8 Lb/in², lo cual, según Thompson (1998) se debe a la degradación de almidones para formar azúcares, a la ruptura de células y solubilidad de sustancias pépticas, (Tabla 2).

Concentración de sólidos solubles totales (SST)

En la fruta climatérica como el plátano, los carbohidratos se acumulan durante su formación

Tabla 1. Pérdida de peso (%) en la pulpa de frutos semiprocados de Dominico-Hartón sometidos a diferentes empaques

Días de Almacenamiento	Pérdida de peso (%)			
	Refrigerados (7°C)			Ambiente (23°C)
	Empaque Al vacío	Empaque en bolsa plástica	Sin Empaque	Testigo plátano sin pelar
4	0,01b	0,12b	9,60 ^a	3,60b
7	0,01b	0,22b	16,30 ^a	5,60c
11	0,03b	0,25b	35,90 ^a	
14	0,04b	0,38b	42,80 ^a	8,20b
18	0,07b	0,70b	37,10 ^a	11,20c
21	0,12b	0,57b	41,60 ^a	14,20c
26	0,21b	0,86b	50,00 ^a	
28	0,24c	0,94b	52,50 ^a	
34	0,33b	1,28b	52,60 ^a	
CV (%)		4,66		
Prueba de f(empaque)		**		
Prueba de f(Díasde almacenamiento)		**		
Prueba de f(Empaque xDías almacenamiento)		**		
** Pruebadef significativa (P<0,01)				
Valores entre filas con letras iguales no difieren entre si según laprueba de Tukey (P<0,05)				
No registro de variables por medición de la muestra				

Tabla 2. Firmeza en la pulpa de frutos semiprocados de Dominico-Hartón sometidos a diferentes empaques

Días de Almacenamiento	Firmeza (lb/in ²)			
	Refrigerados (7°C)			Ambiente (23°C)
	Empaque al vacío	Empaque en bolsa plástica	Sin empaque	
1	17,40 a	16,10 a	14.50	17,30a
4	• a	14,70 a	17.40 a	15,20a
7	17.40 a	15,20 a	14.60 a	15,60a
11	14,90 a	12,40 a	13.50 a	
14	15,80 a	13,00 a	- -	7,60b
18	14,80 a	11,60 a	- -	4,80b
21	14.50 a	8,40 ab	- -	3,60b
26	17.30 a	5,25b	- -	
28	14,60 a	4,80 ab	- -	
34	12,00a	4,90 ab	- -	
CV (%)		15,8		
Prueba de f(empaque)		**		
Prueba de f(Días de almacenamiento)		**		
Prueba de f(Empaque x días almacenamiento)		**		
** Prueba de f significativa (P<0.02)				

y llenado en forma de almidón. A medida que la fruta madura, este almidón se hidroliza y ocurre la síntesis de azúcares y la medida de azúcar en la fruta puede ser una indicación del estado de maduración (Arcila *et al*, 2000). La concentración de

sólidos solubles totales varía significativamente según el empaque y el tiempo de almacenamiento. Los sólidos solubles registrados en los frutos empacados al vacío incrementaron en 8% en los primeros 14 días de almacenamiento. Los frutos

empacados en bolsa plástica registraron una variación significativa en el contenido de SST, los cuales se incrementaron en aproximadamente un 23% durante todo el almacenamiento, lo cual indica que los frutos alcanzaron un alto grado de maduración (2 - 28% SST) bajo dichas condiciones. Las muestras sin empaque presentaron un ligero incremento en los SST de 4.3% los primeros 7 días. Las muestras testigo al ambiente presentaron un aumento significativo y progresivo durante todo el almacenamiento, permaneciendo con características de verde hasta el día 7 y de sobremaduración el día 21 (Tabla 3).

Concentración de ácido málico

La Tabla 4, presenta los porcentajes de acidez registrados en la pulpa de los cuatro tratamientos, expresados en ácido málico que es el predominante en el plátano. El empaque y el tiempo de almacenamiento ocasiona cambios significativos en el contenido de ácido málico de los frutos, presentándose una mayor concentración en los frutos empacados en bolsa plástica y testigo ambiente, lo cual indica un posible aumento en su estado de madurez con respecto a los otros tratamientos.

Durante el tiempo de almacenamiento se presentó una tendencia similar en el comportamiento de la concentración del ácido en los frutos sin empaque y los frutos empacados al vacío.

Apariencia externa de los frutos

Los frutos de plátano pelados y empacados al vacío mantuvieron una buena apariencia hasta el día 11 y a partir del día 14 perdieron el vacío, generándose un deterioro progresivo del producto con cambios leves de color, esto contradice lo reportado por Aristizábal y Ruíz (1989) quienes afirman que los plátanos empacados al vacío y tratados previamente con bisulfito de sodio se conservaron óptimos para consumo por 25 días. Los frutos empacados en bolsa plástica, a partir del día 11, presentaron cambios en la consistencia del tacto y posteriormente manchas y patógenos. Los frutos sin empaque presentaron manchas a partir del día 14 de almacenamiento. El hecho de pelar los plátanos y ponerlos en bolsa plástica, crea una atmósfera artificial que mejora los efectos de la refrigeración, lo cual coincide con Ferrer y Terrallardona, (s.f.)

Tabla 3. Concentración de sólidos solubles totales (%) en la pulpa de frutos semiprocados de Domino-Hartón sometidos a diferentes empaques

Días de Almacenamiento	Sólidos solubles totales SST)(%)			
	Refrigerados (7°C)			Ambiente (23°C)
	Empaque al vacío	Empaque en bolsa plástica	Sin empaque	Testigo
1	2,25 a	3,10 a	2,90 a	4,30 a
4	4,50 a	4,50 a	14,50 a	10,00 b
7	7,00 a	7,50 a	7,20 a	9,30 b
11	9,20 a	8,20 b	- -	-
14	10,10 a	7,00 a	- -	22,80 b
18	• a	11,10 a	- -	31,50 b
21	5,90 b	15,80 a	- -	33,00 c
26	17,40 a	22,50 b	- -	
28	3,00 b	21,10 a	- -	
34	4,00 a	26,00 b		
CV (%)				
11,4				
Prueba de f(empaque)				
**				
Prueba de f(Días de almacenamiento)				
**				
Prueba de f(Empaque x Días almacenamiento)				
**				
** Prueba de f significativa (P<0.01)				
Valores entre filas con letras iguales no difieren entre si según la prueba de Tukey (P<0.05)				

Tabla 4. Concentración de ácido Málico (%) en la pulpa de frutos semiprocesados de Dominico-Hartón sometidos a diferentes empaques.

Días de almacenamiento	Concentración de ácido málico (%)			
	Refrigerados (7°C)			Ambiente (28°C)
	Empaque al vacío	Empaque en bolsa plástica	Sin empaque	Testigo
1	0,18 a	0,19 a	0,19 a	0,17 a
4	0,20 a	0,19 a	• a	0,24 a
7	0,24 a	0,20 a	0,24 a	0,24 a
11	0,22 ab	0,21 b	0,25 a	-
14	0,23 b	0,26 a	0,23 b	0,46 c
18	0,26 a	0,32 a	0,22 a	0,44 b
21	0,23 a	0,44 a	0,27 a	0,47 a
26	0,21b	0,42 a	0,29 b	
28	0,20 b	0,52 a	0,27 b	
34	0,25	0,50 a	0,29 b	
CV (%) 4,23				
Prueba de f(empaque) **				
Prueba de f(Días de almacenamiento) **				
Prueba de f(Empaque x Días almacenamiento) **				
** Prueba de f significativa (P<0,01)				
Valores entre filas con letras iguales no difieren entre si según la prueba de Tukey (P<0,05)				

Análisis sensorial y propiedades organolépticas de patacones elaborados de frutos almacenados bajo diferentes empaques

Al evaluar la aceptabilidad general de patacón Dominico-Hartón a partir de los frutos sometidos a diferentes periodos de almacenamiento y empaques, se encontró que el empaque al vacío conservó las propiedades organolépticas de patacón verde por más tiempo (11 días) con respecto a los otros tratamientos, seguido del empaque en bolsa plástica (7 días), testigo ambiente (4 días) y por último los frutos sin empaque (1 día).

De todas estas observaciones como primera aproximación se deduce que pelar los plátanos y ponerlos en la nevera no es una práctica adecuada que permita la conservación del producto y la preservación de sus cualidades culinarias cuando se desea preparar como patacón, siendo mejor dejar los plátanos con cáscara y al ambiente. Una alternativa adicional y de bajo costo sería pelar los plátanos y empacarlos en bolsa plástica transparente sin perforar y refrigerarlos en nevera a 7°C lo cual preservaría la calidad de los frutos entre 7 días. El empaque al vacío y refrigeración se presenta como otra alternativa que preserva la calidad del produc-

to por 11 días, siendo de mayor costo. En estudios como éstos es muy importante tener en cuenta la edad de los frutos a conservar y su estado de maduración fisiológica, su calidad inicial, junto con el mercado destino (Ferrer y Torrallardona, s.f.), por sus efectos en el comportamiento culinario y organoléptico de los productos finales previos a un sistema de almacenamiento y/o empaque.

CONCLUSIONES

El empaque y la forma de almacenamiento, preservan la calidad del plátano fresco y aumentan la vida verde, bajo condiciones organolépticas aceptables.

Frutos en estado verde oscuro, cosechados de 120 días después de floración, pueden ser conservados por 11 días refrigerándolos en nevera, previo empaque al vacío y pelado ó por 7 días en bolsas plásticas.

RECONOCIMIENTOS

Los autores del presente estudio agradecen a la Universidad del Quindío, al Comité de Cafeteros del Quindío y a Corpoica, por el apoyo logístico y financiero para el desarrollo del presente estudio.

Tabla 5. Aceptabilidad general de patacón en Dominico-Hartón a partir de frutos sometidos a diferentes empaques y días de almacenamiento

Días de Almacenamiento	Aceptabilidad general			
	Refrigerados (7°C)			Ambiente (28°C)
	Empaque al vacío	Empaque en bolsa plástica	Sin empaque	Testigo
1	B	B	B	B
4	B	B	R	B
7	B	B	R	B*
11	B	B**	M	
14	R*	B**	M	R
18	M	M	M	M
21	M	M	M	M
26	M	M	M	
28	M	M	M	
34	M	M	M	

B= Buena

R= Regular

M= Mala

* Características organolépticas de patacón elaborado a partir de frutos en estado pintón.

** Buena aceptabilidad como pintón pero presenta manchado leve de la pulpa antes de someter a fritura.

LITERATURA CITADA

Arcila P. M.I.; Giraldo, G.; Cayón S, G.; Celis, F.E.; Duarte, J. 2000. Influencia de las condiciones ambientales sobre las propiedades físicas y químicas durante la maduración del fruto del plátano Dominico-Hartón (*Musa AAB Simmonds*) en la región cafetera central Colombiana. En: Primer simposio tecnologías de manejo de postcosecha de frutas y hortalizas para mercado interno y de exportaciones en Iberoamé-

rica y los resúmenes de los trabajos libres. Universidad Nacional de Colombia. p. 158. 159.

Aristizábal, J.J.; Ruiz, L.A. 1989. Plátano verde pelado empacado al vacío. Tesis. Universidad del Quindío, Armenia, Colombia. 70 p.

Ferrer M., M.; Torrallardona D., S. s.f. Aplicación de las atmósferas artificiales. En: Frigoconservación y Manejo. Frutos, flores y hortalizas. Editorial AEDOS. Barcelona, España. pp. 183-195.



Industrialización, Comercialización y Mercadeo

syngenta

 **Dow AgroSciences**

COTECNA



Diseño de un producto alimenticio para humanos (hojuelas) a partir del raquis de plátano (*Musa AAB Simmonds*)

Design of a nutritional food for humans (leaflet) from the "rachis" of plantain (*Musa AAB Simmonds*)

Carvajal, L. L.; Sánchez, M. L.; Giraldo G., G. Y Arcila P., M. I

RESUMEN

En el departamento del Quindío, la producción de plátano Dominico-Hartón es de 179.000 t/año, de las cuales 27.900 toneladas son de raquis que se convierten en desechos. La composición química del raquis es superior a la pulpa y cáscara en todos sus componentes, exceptuando el almidón, lo que permitió pensar en un producto comestible portador de fibra, vitamina y minerales. Para cumplir con el objetivo del estudio, el raquis se convirtió en harina retirando la parte externa de este, tajándolo finamente y secándolo a 60°C por 24 horas; la harina de este proceso se analizó químicamente y se mezcló con harina de trigo, azúcar, esencias (piña, fresa, vainilla) y agua. La mezcla convertida en hojuelas se analizó químicamente y se sometió a prueba de degustación. Al comparar la composición química de la harina del raquis con las hojuelas y con los productos comerciales, se obtuvieron resultados muy similares en azúcares totales, Brix (%), proteína, cenizas, pH y acidez. La aceptabilidad de las hojuelas con sabor a piña no varió con la edad de los degustadores, mientras que los adolescentes prefirieron las de sabor a fresa y vainilla. La aceptabilidad del producto terminado (hojuelas) fue satisfactoria demostrando el buen uso que se le puede dar a este subproducto del cultivo del plátano.

Palabras claves: Poscosecha; Transformación; Composición Química; Alimentos.

ABSTRACT

In the department of Quindío, the production of Dominico-Hartón plantain is of 179,000 tons/year, of which 27.900 tons are of rachis that become debris. The chemical composition of the rachis is superior to the pulp and rind with all its components with the exception of the starch, this allowed to think in a nutritional product that provides fiber, vitamins and minerals. To fulfill the objective of the study, the rachis was converted to flour taking the external part of this, chopping it finely and drying at 60°C for 24 hours; the flour of this process was chemically analyzed and mixed with wheat flour, sugar, essences (pineapple, strawberry, vanillin) and water. The mix converted in leaflet was chemically analyzed and was subject to tasting. The chemical composition of the rachis flour was compared with the leaflet and with the commercial products, it was found that the results were similar in Brix (%), protein, ashes, pH and acidity. The acceptability of the leaflet with pineapple taste did not vary with the age of the taster, while the teenagers preferred the strawberry and vanillin. The acceptability of the finished product (leaflets) was satisfactory which demonstrated the good use that can be given to this subproduct of the plantain crop.

Index words: Postharvest, transformation, chemical composition, foods.

I

INTRODUCCIÓN

El órgano de la planta de plátano de mayor consumo en el mundo es la pulpa, la cual transformada y mezclada con otros productos como harina de soya, trigo, entre otros, puede originar

productos de alto valor nutricional. Después de la cosecha de los racimos quedan subproductos como la cáscara, el raquis, hojas y seudotallo que contienen elementos importantes nutritivos que podrían ser utilizados en la alimentación humana y que en la mayoría de los casos son reciclados en

1. Universidad del Quindío, apartado aéreo 460, teléfono 7460136, E-mail: UQ@uniquindio.edu.co.

2. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, apartado aéreo 1807, telefax (576) 7496331, E-mail: corpoarm@epm.net.co Armenia, Quindío, Colombia.

la plantación como compostaje orgánico. Vargas y Merchán (1995) evaluaron la descomposición del seudotallo del plátano en mezcla con otros productos por la lombriz roja californiana con buenos resultados; en Costa Rica el raquis de plátano y banano es ampliamente utilizado para compostaje a través de programas de lombricultura; las cáscaras de plátano son muy utilizadas en Colombia para la alimentación de vacas y caballos. Belalcázar *et al.* (1991), afirman que el raquis y la cáscara tienen una alta composición mineral; Arcila *et al.* (1997) reportaron contenidos de fibra en la cáscara alrededor del 10%. Considerando que en el departamento del Quindío, la producción del plátano Dominic Hartón es de 279.000 t al año de las cuales 27.900 t corresponden al raquis, se podría elaborar un producto comestible humano con alto contenido en fibra y minerales, además es importante tener en cuenta que el transporte del raquis durante la comercialización de los racimos está originando un costo de aproximadamente \$5.800.000.000/año, que se traduce en pérdidas económicas (Ortiz *et al.* 1995). Una alternativa de utilización de éste subproducto podría ser su conversión a harina, aprovechando que de 1 kg de raquis se obtienen 74 g de harina y se dispondrían en el país al rededor de 2.100t de materia prima de raquis (harina) para la elaboración de alimentos nutritivos para el hombre como las hojuelas, siendo éste el propósito del presente estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para obtener la harina del raquis se recolectaron vástagos de plátano Dominic Hartón en la plaza mayorista de Armenia y se sometieron a un proceso de lavado, pelado, troceado, escurrido, secado, molienda y tamizado ; a la harina se le determinó la composición en humedad, sólidos solubles totales (SST), ceniza, fibra, pH, acidez, nitrógeno, azúcares totales y almidón. Posteriormente, se elaboraron las hojuelas mediante la mezcla de 65% de harina de raquis con 20% de harina de trigo, 5% de azúcar, 10% de agua y trazas de esencias. Al producto terminado (hojuelas) se le realizó el análisis químico y la prueba de aceptabilidad en una población de 81 personas, las cuales se dividieron en 3 muestras, (27 niños, 27 adolescentes y 27 adultos) con un número de 9 participantes para cada sabor (vainilla, piña y fresa). Los resultados de ésta prueba se sometieron al

diseño experimental de arreglo unifactorial con bloques completos al azar. La composición química de las hojuelas de raquis se comparó con la composición química de dos productos comerciales (fiber-one y All-bran), análisis que fueron realizados en el laboratorio de Química de la Universidad del Quindío.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1, presenta la composición física y química del raquis fresco y de la harina. El contenido de agua del raquis fue muy alto (92.8%) al compararlo con la pulpa (59.4%) (ICBF, 1992); lo cual indica que se está costearo el transporte de agua al comercializar por racimos. El rendimiento de harina de raquis es bajo en relación con el rendimiento en harina a partir de la pulpa (16 a 26%) encontrado por Morales *et al.* (1998).

Tabla 1. Composición física y química del raquis fresco y procesado en harina de Dominic Hartón

Prueba	Raquis fresco	Harina de raquis
Rendimiento (%)	100	7,4
Humedad (%)	92,8	11,7
Sólidos totales (%)	7,3	88,3

El raquis a pesar de tener una estructura fibrosa se adecuó a un proceso de fácil manejo y económico para luego convertirlo en harina con características apropiadas para su posterior utilización.

El análisis químico de la harina y las hojuelas de raquis de diferentes sabores se presentan en la tabla 2. Al procesar la harina de raquis para la elaboración de hojuelas se incrementó casi en un 90% el contenido de carbohidratos debido a la adición de harina de trigo; se presentaron porcentajes de proteína similares tanto para la harina de raquis como para las hojuelas de diferentes sabores, siendo mayor al compararlo con la pulpa del fruto verde (1,8%), esto indica que el raquis es uno de los subproductos de la cosecha que aporta proteína. Al elaborar las hojuelas a partir del raquis se disminuye el contenido de fibra en un 37 %. El contenido de ácido málico fue mayor en la harina de raquis (0.8 mg/ml) que en las hojuelas, debido posiblemente a la adición de esencias; las hojue-

Tabla 2. Composición química de la harina y hojuelas de raquis de plátano Dominic Hartón

Prueba	Harina de raquis	Hojuelas de raquis con sabor a		
		Vainilla	Fresa	Piña
Almidón (%)	21,0	51,0	51,0	47,0
Azúcares totales (%)	17,2	9,8	14,1	17,2
Azúcares reductores (%)	9,4	1,0	1,0	1,0
SST (%)	1,5	2,5	2,5	2,5
Proteína (%)	6,8	6,5	6,5	6,5
Fibra (%)	35,0	22,0	22,0	22
Ceniza (%)	3,7	3,0	3,0	3,0
PH	5,7	6,0	6,1	6,3
Acidez (mg/ml)	0,8	0,3	0,3	0,10
Energía (Cal)	180	269	286	283

las difieren entre sí en el contenido de ácido málico según el saborizante, las de vainilla y fresa presentaron mas ácido orgánico que las de piña. La harina de raquis contiene mas cenizas que la harina de pulpa de plátano, lo cual refleja un mayor contenido de minerales.

Al comparar la composición de las hojuelas de raquis con los productos comerciales (Fiber-one y All-bran) se encontró que el producto elaborado a

partir de raquis proporciona mayores calorías y presenta mayor concentración de sólidos solubles totales (SST) ; el contenido de proteína de las hojuelas de raquis fue similar a fiber-one e inferior a All-bran ; el contenido de fibra fue y el pH fueron similares al producto All-bran (Tabla 3).

La Tabla 4, muestra los resultados de las pruebas de aceptabilidad, la cual fue satisfactoria ya que presentó una gran acogida (mayor al 70%) por

Tabla 3. Composición proximal de hojuelas de dos productos comerciales

Nombre del producto	Contenido en 100 gramos						
	Energía (Cal)	Proteína (g)	Fibra dietaria (g)	Cenizas (%)*	Acidez (mg/ml)*	Grados Brix*	pH*
Cereal de salvado de trigo "All-bran" Kellogg's	263	15	23	4,8	0,57	2,0	6,5
Cereal con fibra natural "fiber-one" Nestlé	239	8,3	36,6	3,6	0,28	1,6	7,1
Hojuelas de raquis con saborizantes	279	6,5*	22,0*	3,0	0,21	2,5	6,1

* Según pruebas de laboratorio Universidad del Quindío.

Tabla 4. Porcentaje de aceptabilidad de las hojuelas de raquis de plátano

Sabor	Niños	Adolescentes	Adultos	Promedio
Piña	88,9	88,9	88,9	88,9
Fresa	55,6	100,0	88,9	81,5
Vainilla	55,6	88,9	77,8	74,1
Promedio	66,7	92,6	85,2	
C.V (%) : 10				
F : n.s				
n.s : Prueba de F no significativa (P< 0,05)				

consumidores de diferentes edades; siendo de mayor aceptación las de sabor a piña entre niños, jóvenes y adultos y las de fresa y vainilla las menos apetecidas entre la población infantil.

Considerando la composición nutricional de la harina de pulpa de plátano y comparándola con la del raquis se observa que ésta última proporciona el doble de energía, casi cuatro veces más proteína, nueve veces más fibra y el doble en cenizas en una dieta humana, constituyéndose en una alternativa alimenticia, además de ser una solución a problemas de contaminación urbana en plazas minoristas (Tabla 5).

CONCLUSIONES

En una primera aproximación, el raquis de plátano puede ser utilizado en la alimentación humana, bajo una buena manipulación higiénica

Las hojuelas elaboradas a partir de raquis de plátano, tuvieron un contenido significativo de fibra, calorías y minerales y una buena aceptación entre niños, jóvenes y adultos

RECONOCIMIENTOS

Los autores de esta investigación, agradecen a La Universidad del Quindío y a Corpoica el apoyo dado para su realización

Tabla 5. Composición proximal de la harina de raquis y la harina de pulpa de plátano

	Harina de raquis	Harina de pulpa según ICBF (1992)	Harina de pulpa según Sunday y Dismas. (1994)
Energía (Cal)	279	142	-
Proteína (%)	6,8	1,2	1,9
Fibra (%)	35	0,5	3,5
Cenizas (%)	3,7	0,9	1,6

LITERATURA CITADA

- Belalcázar C, S.; Salazar, C A.; Cayón, G.; Lozada, J E.; Castillo, L E.; Valencia, J.A. 1991. Manejo de Plantaciones. En: Belalcázar, S. (Ed). El cultivo del plátano en el trópico. Armenia, Quindío, Feriva. p.147-239.
- ICBF (INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR CO). 1992. Tabla de composición de alimentos colombianos, 6ª ed. Bogotá, s.e. p.67-74.
- Ortiz H, A; Ceballos L, LF; González H, JE. 1995. Costos y gastos para proyectos de diversificación: Bases tecnológicas. Cordicafé. Bogotá. Panamericana Formas e Impresos S.A. 30 p.
- Sunday, G.; Dismas, A. 1994. Changes in composition and certain functional properties of repening plantain (*Musa* spp. AAB group) pulp, food chemistry, Great Britain, (50):137-140.
- Vargas, A.; Merchán, V. 1995. Uso de la lombriz roja en la transformación de residuos agrícolas. En: Mejoramiento de la Producción del Cultivo del Plátano. (Eds) Belalcázar, S.; Jaramillo, O.; Valencia, J.A.; Arcila, M.I.; Mejía, H.; García, H. Armenia, Quindío. Produmedios. p. 233-238.

Le commerce européen de la banane et ses enjeux.

The European banana trade and its issues

Denis Lœillet*

RÉSUMÉ

Le marché international bananier (hors consommation locale) est de l'ordre de 12 à 13 millions de tonnes. L'ensemble des filières de production orientées vers l'exportation est organisée autour d'un seul sous-groupe de variétés, celui des Cavendish. Les efforts de segmentation (par le produit, par le mode de production ou encore par la présentation) sont récents et leurs impacts, sur le marché, sont marginaux. Pourtant, l'ouverture inexorable des marchés à la concurrence internationale fragilise les producteurs les moins compétitifs, notamment européens et ACP, face aux géants du secteur (Equateur, Colombie, Costa Rica, etc.). À côté des recettes classiques de réduction des coûts, une démarche de segmentation des marchés bananiers doit être entreprise. Le recours à des variétés nouvelles, des modes de production plus respectueux de l'environnement ou encore à des politiques marketing efficaces, sont quelques-unes des voies à explorer.

ABSTRACT

The international banana market (excluding local consumption) totals some 12 to 13 million tonnes. All the export-oriented production sectors are centred on a single subgroup of varieties: Cavendish. Efforts to achieve segmentation (by product, production mode or by presentation) are recent and their impacts on the market are marginal. Nevertheless, the inexorable opening of the markets to international competition is making the least competitive producers—particularly European and ACP growers—more fragile in the face of the sector giants (Ecuador, Colombia, Costa Rica, etc.). In addition to classic cost reduction recipes, the segmentation of the banana market should be undertaken. The use of new varieties, production methods with greater respect of the environment or effective marketing policies are some of the lines to be explored.

1. LA PRODUCTION ET LE COMMERCE MONDIAL

Dans les pays du Nord, la banane est largement connue et consommée. Mais elle correspond actuellement à un seul sous-groupe variétal, celui des Cavendish, dont la part dans la production mondiale de bananes n'est que de 41% (14% exportés). Au total, la banane dites « dessert » représente 54% du total et les bananes consommées cuites, 46 %.

L'autoconsommation est très importante. Elle porte sur plus de 85 % de la production mondiale. Néanmoins, la consommation *per capita* (toutes bananes confondues) varie de manière très importante d'un pays à l'autre : de moins de 3 kg en Chine à plus de 70 kg en Colombie. L'Europe et les

Etats-Unis ne consomment, quasi exclusivement, que de la banane dessert : de 10 à 15 kg, avec une pointe à 17 kg en Suède.

Le marché international de la banane s'est fortement développé ces 30 dernières années. La production mondiale de bananes dessert a plus que doublé. Toutefois, le rythme de progression s'est quelque peu ralenti ces dernières années. De graves aléas climatiques (cyclones répétés et destructeurs, phénomènes climatiques graves, etc.) et un déséquilibre offre/demande sur le marché international ont pesé à la baisse sur les cours mondiaux et freiné les plans de développement de certains pays producteurs.

Le marché international bananier est dominé par trois origines (Equateur, Costa Rica et

* Cirad-flhor, France

Tableau 1 : Estimation de la production mondiale, d'après Lescot.
Table 1. Estimation of the world-wide production, according to Lescot.

Estimations 1998-1999 en tonnes	Plantains groupe AAB	Bananes d'altitude + groupe ABB + autres bananes à cuire	Bananes Cavendish	Gros Michel + autres bananes dessert	Total
Amérique du Sud	4 858 428	262 411	10 357 198	4 625 108	20 103 145
Amérique Centrale	812 000	71 075	5 766 273	182 000	6 831 348
Caraïbes	823 801	410 370	1 385 539	93 796	2 713 506
Afrique de l' Ouest et Centrale	8 414 101	647 621	1 908 493	487 161	11 457 376
Afrique de l'Est	852 342	12 997 783	2 044 834	1 159 990	17 054 949
Afrique du Nord - Moyen Orient	20	1 000	1 175 226	0	1 176 246
Asie	1 001 620	8 330 615	13 082 815	4 726 202	27 141 252
Océanie	900	660 280	289 545	71 500	1 022 225
Europe	1	5	487 361	5	487 372
Total Monde	16 763 213	23 381 160	36 497 284	11 345 762	87 987 419
Sources : Thierry LESCOT - Cirad-flhor d'après bibliographie, enquêtes, sources professionnelles, FAO, etc.					

Colombie), toutes localisées en Amérique du Sud ou Centrale et toutes trois fournisseurs des marchés américains du nord et européens. Sur les 12 à 13 millions de tonnes exportées (4 et 5), elles en assurent plus de 7,5 millions. Ces trois origines n'ont cessé de renforcer leur emprise sur le marché international : elles représentaient moins de 50 % de l'offre en 1988 et dépassent désormais les 60 %. Les Philippines 1,3 millions de tonnes complètent le trio de tête et exportent sur le marché japonais. Les Etats-Unis et l'UE à 15 consomment chacun 4 millions de tonnes. Viennent ensuite le Japon, les pays d'Europe de l'est et la Russie, le Moyen orient et l'Amérique du sud (flux sud-sud).

La relative concentration de l'offre côté origine est encore accentuée lorsque l'on passe au maillon commercial. Le nombre d'acteurs intervenant sur le marché international est très réduit. Les 5 grands opérateurs internationaux (Chiquita, Dole, Del Monte, Fyffes et Noboa) détiennent les trois-quarts du marché mondial. Depuis le début des années 1990, les cartes ont été largement redistribuées entre ces grands opérateurs internationaux. Ces changements ont été largement influencés voire, pour certains, sont directement la

conséquence de la mise en place de l'Organisation commune des marchés de la banane (OCMB) par l'Union européenne (UE) en 1993. Face à l'harmonisation des règles d'approvisionnement et de fonctionnement d'un marché de 320 millions de consommateurs, les firmes ont fait des choix stratégiques variés : diversification des sources d'approvisionnement, alliances, rachats, fusions, acquisitions d'entreprises européennes, de réseau entier de distribution et de mûrisage.

Tableau 2 : Estimation des parts de marchés de quelques opérateurs bananiers; d'après Loeillet (8).
Tableau 2 : Estimation of the market-share of some banana commercial operators; according Loeillet (8).

En %	Monde		Union européenne	
	1992	1998	1992	1998
Chiquita	34	26	+ de 30	- de 20
Dole	20	25	12	16
Del Monte	3	8	5	16
Fyffes	-	8	-	18
Noboa	7-8	7-8	7-8	7-8

L'OCMB a de même conduit, dans un premier temps, à une intégration verticale plus poussée de la filière, le contrôle de la production devenant un axe prioritaire. Enfin, ces dernières années ont vu les grands groupes bananiers se recentrer sur leurs métiers de base : fruits et légumes frais et notamment banane. Del Monte Fresh Fruit n'a plus aucune activité dans la transformation des fruits. Dole s'est séparé de ses activités dans l'immobilier. Chiquita a cédé son département viande. Les bananes représentent désormais les deux tiers de son activité contre 50 % auparavant.

L'OCMB, réformée trois fois depuis son entrée en vigueur en juillet 1993, a poursuivi différents objectifs : maintien des flux d'importation par type d'origines (ACP, dollar et communautaire), maintien du revenu des producteurs, etc. Le succès de cette OCMB est réel. Les principaux objectifs ont été atteints. Néanmoins les réformes successives qu'elle subi la dénature peu à peu. Le système garantissait l'accès du marché européen à un certain nombre de pays ayant signé des accords de coopération et commerciaux avec l'UE (les accords de Lomé pour le groupe des pays ACP) et aux producteurs communautaires. Les dernières réformes, et celle entrée en vigueur le 1^{er} juillet 2001, montrent que le marché européen s'ouvre de plus en plus à d'autres origines tout en évinçant, à terme, les producteurs les moins compétitifs. Les incertitudes qui subsistent encore quant aux règles qui régiront l'élargissement de l'UE à 10 nouveaux membres ne doivent pas occulter le fait que l'agrandissement du cercle se fera dans tous les cas au bénéfice des principaux fournisseurs du marché et notamment les origines dollar. Les producteurs communautaires et d'autres origines seront de plus en plus marginalisés. Les politiques de démarcation représentent là encore des voies à explorer.

2. UNE SEGMENTATION LENTE ET ENCORE MARGINALE

La banane est un des produits de base dans la consommation européenne de fruits et légumes frais. C'est le troisième fruit le plus consommé en France (en volume ou en valeur) derrière la pomme et l'orange et devant le groupe des petits agrumes (clémentines et hybrides). Les achats de bananes représentent près de 12 % du budget consacré aux fruits et légumes. En France, comme c'est le cas dans une grande majorité des pays européens, la

banane est distribuée pour plus des trois quarts des ventes en super et hypermarchés. C'est un fruit largement connu des consommateurs (95 % de taux de pénétration sur les lieux de ventes contre à peine 1 % pour la papaye) (9 et 10).

La banane est totalement adaptée aux modes de distribution moderne. Elle est soumise à une forte pression normative qui pousse à banaliser le produit et à rendre ce marché monolithique : la banane dessert au « format » cavendish, correspondant aux normes Dole ou Chiquita. Dans l'ensemble de l'univers des fruits et légumes, il n'existe pas d'exemple semblable. L'offre pour un fruit est, dans tous les cas, constitué d'au moins deux variétés. Il est donc intéressant d'étudier : pourquoi ce marché est tourné vers une seule variété ? Quels sont les tentatives actuelles de diversification de l'offre ? Quels sont les freins à cette diversification ? Et enfin, quels en sont les enjeux économiques ?

Le processus et l'équipement industriel de production et de distribution sont adaptés à la Cavendish. Largement étudiée, cette variété est produite en fonction d'un schéma industriel qui ne laisse que très peu de place à l'introduction d'autres variétés. L'itinéraire technique, la formation des personnels de coupe et conditionnement, les emballages (carton, polybag, etc.), le transport maritime (température, humidité, renouvellement d'air, etc.), le processus de mûrissement (température, temps, éthylène, etc.), le système commercial (normalisation, poids et dimensions standard des cartons et des palettes, etc.) constituent autant de facteur de résistance au changement. Les outils industriels ont été créés et mis au point pour la Cavendish. Leur adaptabilité à de nouvelles bananes sera longue et sans garantie d'augmentation de la consommation et de retour sur investissement. Consommation relativement élevée (le deuxième ou troisième fruit le plus consommé dans les pays développés), excellente distribution quel que soit le circuit de distribution, prix relativement bas, consommation étale tout au long de l'année (saisonnalité faible), approvisionnement des zones de production régulière (aucun risque de pénurie), consommation aisée (portion individuelle, épluchage facile, protection naturelle, etc.), énergétique, c'est en résumé l'archétype du produit de masse sur lequel les grands distributeurs ne se posent pas beaucoup

de questions tant les ventes sont régulières.

Le passage du sous-groupe Gros Michel au sous-groupe Cavendish dans les années 1960, a été le seul cas où le marché s'est vu imposer une modification drastique de l'offre en termes de variétés. Ce changement allait d'ailleurs bien au-delà de la simple diversification puisque les contraintes sanitaires pesant sur la Gros Michel étaient telles qu'elle a disparue rapidement du marché international pour être remplacé par la Cavendish.

Les raisons qui poussent au maintien d'un marché mono variétal sont nombreuses. Pourtant, les tentatives de segmentation existent. Elles sont, la plupart du temps, récentes et peuvent être réparties en trois groupes :

- segmentation produit,
- segmentation mode de production,
- segmentation utilisation.

Dans le domaine de la **segmentation produit**, le cas de la banane à cuire de type plantain représente le phénomène le plus ancien. Elle est présente sur les marchés d'importation depuis des décennies mais les volumes sont limités et leurs croissances minimales. Au niveau mondial, les exportations seraient en deçà de 500 000 tonnes (5) mais si l'on excepte les échanges sud-sud les chiffres sont plus restreints. L'UE a importé environ 23 000 tonnes de plantains en 2000 (2). En un peu moins de 10 ans, les quantités importées sont restées quasiment inchangées (11). Ce fruit est destiné aux groupes ethniques qui ont une demande très précise en terme de variétés. Son mode de consommation l'a différencié aussi : c'est un légume plus qu'un fruit.

On peut citer trois autres cas de segmentation produit : les bananes « exotiques » de couleur rouge/rose et de forme particulière, les figues-pommes et les petites bananes. Le marché de chacun de ces fruits est estimé à quelques milliers de tonnes pour toute l'UE. Lorsqu'il se vend 3,5 tonnes de Cavendish en trois jours dans un hypermarché, on vend 70 kg de celles-ci (1). La consommation de ces bananes reste de type exotique (achat impulsif ou festif, circuits de distribution spécialisés, présence dans les magasins durant les fêtes, prix de détail très élevé, etc.).

La **segmentation par mode de production** est, quant à elle, plus dynamique et récente. Il s'agit de segmenter l'offre non pas sur l'aspect visuel ou

gustatif (en tout cas pas dans un premier temps) mais de proposer le même produit, une banane de type Cavendish, produite autrement. C'est le cas de la banane certifiée biologique ou commerce équitable (*Fair Trade*). C'est le mode de production qui permet d'enrichir l'offre. A ces deux marchés, qui se développent de manière relativement rapide, on peut ajouter l'offre de bananes issue d'autres certifications (démarche privée), notamment ISO 14 000, ou encore celle disposant de label relevant d'un dispositif réglementaire (IGP, AOP, etc.). La viabilité à long terme d'une telle segmentation repose sur le sérieux de la certification, que celle-ci relève d'autorités nationales ou de groupes ou mouvements privés. Le lien est fragile. Les consommateurs qui sont prêts à acheter ces produits, acquièrent en fait une image. Celle-ci touche à l'univers de la santé et de l'environnement, dans le cas du biologique, ou à un développement des pays du Sud, dans le cas du *Fair Trade*. Dans tous les cas, ces marchés ne pourront pas bénéficier d'un traitement particulier au regard des règles de l'Organisation mondiale du commerce (OMC). Le recours à des mesures préférentielles à l'importation (contingents d'importation, réductions de droits de douane, etc.), ne peut pas être justifié aux yeux de l'OMC sur le seul critère du mode de production : la nature du produit étant la même dans le cas de la banane traditionnelle et biologique.

Enfin, la segmentation la plus forte tient à l'utilisation de **modes de présentation différenciés** : banane en sachet pré-pesé, sachet de banane regroupant des fruits de deux niveaux de maturité, etc. On peut citer le cas du marché anglais qui a été le premier à proposer des bananes de type Cavendish de taille très inférieure à la norme habituelle ou les bananes enfants au Danemark. Enfin, des opérateurs européens s'intéressent depuis des années à la possibilité de commercialiser des bananes en doigts comme c'est déjà le cas aux Etats-Unis.

3. LA SEGMENTATION: UNE DES VOIES DE SURVIE POUR LES RÉGIONS PRODUCTRICES LES MOINS COMPÉTITIVES

Les facteurs qui freinent le développement d'une véritable segmentation sont nombreux. Il y a pourtant des raisons de croire que cette

segmentation, notamment celle qui concerne le produit, puisse à l'avenir, se développer. Les raisons qui poussent au changement de pratiques dans cette filière, toute entière organisée autour d'une variété, sont de deux ordres : augmentation du risque phytosanitaire et besoin vital pour certaines zones de production d'augmenter leur compétitivité.

L'aspect phytosanitaire est l'une des raisons qui ont poussé, dans les années 1960, au passage de la variété Gros Michel à la variété Cavendish. L'obtention de variétés résistantes à un certain nombre de maladies, de ravageurs, etc. est une voie de diversification et de segmentation du marché bananier. Cette recherche de nouvelles variétés est d'autant plus dynamique qu'elle est couplée à l'adoption, pour des raisons agronomiques (fatigue des sols, etc.), économique (réduction du coût de production) ou marketing (labellisation ISO 14 000 par exemple), à l'obligation de réduire les impacts de la culture de la banane sur l'environnement.

La réduction programmée des préférences commerciales accordées à certaines origines ayant des liens historiques avec par exemple l'UE (notamment les origines ACP) ou la baisse des protections des producteurs sur leur propre marché (producteurs communautaires de bananes) par le jeu de l'ouverture des marchés à la concurrence internationale, poussent les origines à explorer d'autres voies (nouvelles variétés, nouveaux modes de production, etc.) dans le but d'améliorer leur accessibilité au marché européen.

Les attaques répétées, notamment des Etats-Unis, contre l'OCMB affaiblissent le système de préférences instauré en juillet 1993. On estime qu'à moyen terme (horizon 2005), le marché européen pourrait perdre la plupart de ses protections (7).

La réduction du coût de production, l'amélioration des circuits de distribution, des efforts promotionnels considérables, etc. sont des solutions classiques appliquées dans le domaine bananier. Pourtant l'écart de coût de revient est tel qu'il n'est pas pensable d'utiliser uniquement ce moyen pour le combler. Une étude comparative menée par Pierre Fabre (Cirad, France) en 1995 portant sur diverses filières ACP (Cameroun, Côte d'Ivoire, Dominique, Jamaïque, etc.) et « dollar » (Equateur, Colombie, Costa Rica) a montré que le coût de revient (stade importation Europe) ACP est

entre 40 et 100 % supérieur au coût des origines « dollar ». Ce différentiel est en partie dû à des écarts importants de coût de main d'œuvre. L'effet main d'œuvre est encore plus marqué si l'on compare les zones de production ACP et « dollar » aux zones de production européenne. L'ensemble de ces données sont déjà anciennes mais on peut considérer que l'ordre de grandeur est le même et que l'écart, notamment pour certain ACP situé dans les Caraïbes, s'est creusé (3).

Aucune étude comparative des coûts de production dans les différentes zones de production communautaire (Martinique, Guadeloupe, Canaries, Madère et Grèce) n'a été publiée. Néanmoins, l'UE a mis en place au bénéfice de ces zones, un système d'aide compensatoire à la perte de recettes. Il s'agit de compenser les pertes de recettes des producteurs après l'ouverture partielle des marchés européens à la concurrence internationale. Plus l'aide est intense et plus l'écart de compétitivité entre fournisseurs extracommunautaires et producteurs européens est fort. Pour l'année 2000, elle a atteint en moyenne 150 % du prix de vente effectif des bananes communautaires avec une pointe de 195 % pour les fruits portugais. Autrement dit, depuis 1993, le coût de revient européen, traduit dans le jargon communautaire comme la valeur forfaitaire de référence, n'a été couvert par le prix de vente effectif qu'entre 40 et 60 % (6).

Etant donné l'amplitude des écarts, les politiques d'aide à la réduction des coûts de revient (assistance technique et financière pour les ACP, fond structurel européen pour les communautaires, etc.) ne feront que réduire le fossé, sans le combler. Une autre approche est donc à rechercher. Le recours à la segmentation du marché (type produit, mode de production ou utilisation) est complémentaire à la réduction des coûts. L'ouverture de nouveaux segments de marché est vitale pour des zones de production qui résisteront de moins en moins facilement à la disparition de leur débouché privilégié.

Les producteurs les plus fragilisés entendent ces arguments et s'intéressent à cette diversification. Il n'en reste pas moins que cette démarche ne peut aboutir sans les opérateurs aval de la filière et notamment les importateurs et les distributeurs. L'implication de ces derniers dans un processus d'ouverture de nouveaux marchés est indispensa-

ble. Il ne reste plus qu'à leur démontrer la faisabilité économique d'une telle démarche.

NOTAS

1. DALLE, F., 2000.- Politique de segmentation du marché de la banane. Fruitrop, 73, 11-15.
2. EUROSTAT, 2000. - Statistiques d'importations européennes de plantains. Fruitrop, 82, 3.
3. FABRE, P. - Competitiveness of banana export systems: comparing ACP and dollar zone bananas. Communication personnelle.
4. FAO, 2001. - Bananes : examen du marché. www.fao.org, 2.
5. LESCOT T., 2000. - Banane : production, commerce et variétés. Fruitrop, 75, 2-5.
6. LOEILLET, D., 2001. - OCM Banane : aide compensatoire 2000. Fruitrop, 81, 2-3.
7. LOEILLET, D., 2001. - Réforme de l'OCM Banane : a qui profite l'accord UE/USA ?. Fruitrop, 80, 5-6.
8. LOEILLET D., 1999. - Réforme de l'OCM banane : l'incertitude demeure. Fruitrop, 62, 18-20.
9. LOEILLET D., 1998. - Le marché international bananier : une gamme de produits très étroite. International symposium, Douala, Cameroun, 567-576
10. SECODIP, 1998.
11. ODEADOM/CIRAD-FLHOR - Supplément annuel, 2000. - Bilan de l'approvisionnement du marché bananier européen. Info Banane, 38.

Alternativas de industrialización del plátano Una propuesta

Diego A. Restrepo M.*

Pongo de presente a todos los asistentes al Seminario y a todos los lectores de este documento, que las ideas aquí expresadas corresponden a un lego en aspectos relativos a la producción del plátano y el banano, así como en los aspectos correspondientes a las políticas e influjos económicos que rigen la comercialización de la fruta fresca. Probablemente a través de toda mi exposición caiga en imprecisiones cuando toque estos temas, pero los conceptos expresados sobre ellos corresponden a ideas adquiridas de la observación del tema en forma desprevenida, durante algunos años. En vista de tales consideraciones, presento a todos aquellos que pudiera sorprender con mis conceptos, mis mas sinceras disculpas.

En algunos apartes de mi presentación, me referiré a la situación Colombiana, mas por desconocimiento de cómo ha evolucionado el desarrollo de la industria platanera y bananera en otras latitudes, que por un sentimiento regionalista; sin embargo, íntimamente sospecho que esta situación ha sido mas o menos común a todos los países productores.

Un observador desprevenido, podría encontrar en la historia del plátano en Colombia, aspectos comunes con la producción de muchos otros productos alimenticios. Un producto que comenzó a explotarse comercialmente primero que a producirse industrialmente, debido a que en forma prácticamente espontánea y con muy baja dedicación y cuidado, los resultados económicos eran bastante buenos, tanto que llegaron a ofrecer jugosas ganancias hasta para el dueño de la tierra quien, en algunas circunstancias, no participaba directamente del desarrollo y seguimiento del proceso. Es así como en muchas explotaciones que se consideraban tecnificadas, en el momento en que el nego-

cio dejó de ser tan lucrativo por la aparición de competidores comerciales a nivel mundial, fueron susceptibles de mejoras tecnológicas sencillas, que hicieron bastante mas productivas las tierras y posibilitaron la permanencia del productor en el medio.

Hasta ahora la visión que ha tenido el productor de plátano y banano ha estado orientada fundamentalmente a mejorar las condiciones de producción para hacerla más eficiente, pero se ha percatado que, de alguna manera, existe el siempre fatídico riesgo de saturar el mercado, con lo cual indefectiblemente vendrá la decadencia en el precio.

Las ciencias agronómicas, han sido las encargadas hasta el momento de llevar todo el peso de la investigación relativa al área. Hace relativamente poco tiempo, nuevos conceptos procedentes de la visión biotecnológica que se impone, han entrado a refrescar y a impulsar el desarrollo de este producto, pero existen otras áreas del conocimiento con objetivos un tanto diferentes, las cuales pueden, desde su quehacer, impulsar con un nuevo dinamismo y bajo otra óptica, el desarrollo de la industria que hoy nos ocupa.

No es casualidad que la revisión exhaustiva de la literatura asociada al tema del plátano fundamentalmente vaya dirigida a la parte agronómica. Múltiples son los esfuerzos de los investigadores sobre plátano (y banano), para lograr variedades mas productivas, resistencia a enfermedades que le son endémicas, ciclos de producción mas eficientes, mejores técnicas de riego, etc., en donde prevalece el concepto de la producción de la fruta, pero pocos son los trabajos de investigación en los cuales se considera el plátano y el banano como productos ya obtenidos, como materia prima para

* Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. E-mail: darestre@perseus.unalmed.edu.co A.A. 568 Medellín

otras industrias.

El plátano y el banano, en términos generales, tienen en la actualidad dos mercados objetivos diferentes. El mercado internacional, en donde existen unas exigencias de los consumidores en términos de calidad, entendida esta como requisitos de índole física, química, microbiológica y sensorial, que van desde consideraciones que tienen que ver con el aspecto de la fruta, el tamaño, el grado de madurez, la calidad sanitaria, entre otros y, el mercado local (mercado interno), en donde se coloca aquel material que por alguna circunstancia, no pudo colocarse en el mercado internacional. Estas circunstancias cubren un gran número de condicionantes entre los que caben citar: los impuestos por acuerdos comerciales, los relativos a la calidad de la fruta, o simplemente por la conveniencia del momento. De todas formas, las condiciones que impiden la mayor destinación de la fruta al mercado internacional, cada vez son mayores, de manera que al mercado interno (con menor capacidad de pago), cada vez se piensa en destinar mayor cantidad de material.

En la medida que el producto pensado para ser dirigido al mercado externo, cambie su rumbo para el mercado interno, el producto pensado para ser dirigido al mercado interno, cada vez pierde mas calidad y los rechazos también incrementan su volumen. El problema está, en como aprovechar óptimamente este rechazo?

Ahora bien, la forma en que se comercializa el plátano y el banano, está encaminado al consumo del producto como tal, dejándole al consumidor, toda la imaginación para las diversas posibilidades de consumo de estos materiales. Sin temor a incurrir en un error apreciable, puede decirse que el plátano y el banano se comercializan sin ningún nivel de industrialización, y por supuesto, esto es una consecuencia del concepto tenido en cuenta hasta el momento para su producción, “se trata de un producto final”.

Se registran si, tímidos amagos de buscar entregar al consumidor habitual del producto, algunas formas de presentación que faciliten el consumo o uso del mismo, pero todos estos intentos tienen la limitación de estar dirigidos a nichos de consumo bastante reducidos, lo que convierte a estas ideas en alternativas particulares y exiguas que en muy poco contribuyen a una solución determinante del problema.

Se ha intentado (y de esto se conocen algunos reportes escritos de esfuerzos científicos) usar el rechazo para la producción de diversos materiales, alcohol por ejemplo, o la obtención de taninos para diversas aplicaciones industriales; pero en vista de la forma como se han planteado estos estudios, los resultados obtenidos, si bien es cierto desde el punto de vista técnico son perfectamente posibles, para su aplicación industrial, han resultado ser antieconómicos, lo cual ha dado al traste con estas ideas; de manera que, la mayor aplicación que hoy detentan los rechazos de la producción y que no alcanzan el objetivo del mercado interno, corresponden a usos para la nutrición animal, con muy poco valor agregado o, la elaboración de abono orgánico, con efectos bastante pobres sobre el suelo.

Posiblemente el mayor intento de industrialización de los subproductos de la producción de estas frutas, se refiere a la obtención de harinas, las cuales por estar pensadas para ser usadas en productos donde se mantiene la identidad de la materia prima, se vuelve a caer en el terreno señalado anteriormente: se trata de aplicaciones para consumidores habituales, con las limitaciones también señaladas.

En general las harinas son producidas con objetivos claros de uso y muchas limitaciones tecnológicas, la cual se refleja en los resultados de la exploración de su uso en otras aplicaciones industriales, arrojando como consecuencia, un limitado consumo.

La comercialización del plátano, ha ido evolucionando desde el producto íntegro, en racimo hasta el producto íntegro y clasificado por tamaño y grado de madurez. Recientemente han aparecido otras alternativas que van desde el producto sin cáscara, clasificado por tamaño y grado de madurez, hasta el producto, intervenido fisiológicamente para alcanzar algún fin específico, sin cáscara, clasificado por tamaño y grado de madurez. Productos con procesamiento sencillo, fritura, desecación, etc. para la elaboración de *snacks*, también han hecho su aparición en los mercados, pero con relativa poca presencia.

Cada uno de estos materiales, ha ido apareciendo en la medida en que la sociedad de consumo y las exigencias del mercado, han evolucionado hacia otras necesidades.

Que motivó la oferta de toda esta gama de

nuevos productos? Lo dicho, las exigencias de los consumidores, pero esto tiene un trasfondo, la sobreoferta. Buscamos que el consumidor nos prefiera, ofreciéndole más por menos precio y esto ha impulsado el desarrollo, la tecnificación. Sin embargo, hoy nuestro problema sigue siendo el mismo. Y la razón, a mi modo de ver, es que no hemos explorado nichos de mercado nuevos, sino que nos mantenemos en el mismo, es decir, en el de los consumidores habituales de plátano y eventualmente creciéndolo, porque pensamos que las verdaderas razones de que algunas personas no lo consuman radica en que les disgusta su pelado, o que carecen de tiempo para preparar los “deliciosos platillos de nuestra cocina criolla”, y a fe que algún resultado han dado estos esfuerzos. Considero que los fabricantes de *snaks* de plátano los venden y no a costa de la disminución en el consumo de plátano fresco. No me atrevo a decir que lo mismo haya sucedido con el mercado de patacones, bases para sopas y cremas de plátano, las cuales considero le disputan el mercado al producto fresco.

No obstante, el mecanismo de comercializar el plátano o el banana en condiciones de semi-procesamiento, podría ser una estrategia que diera resultado en el corto plazo, sobre todo en los mercados internacionales, en donde posiblemente la consideraciones anteriores tuvieran toda la validez, y allí sí podría haber un mercado potencial e insatisfecho. La técnica de la conservación del producto en atmósfera modificada, tendría una gran pertinencia para la industria platanera y bananera en los actuales momentos. Productos como el plátano verde, pelado, inactivado en algunos factores y empacado al vacío, sería un producto bastante interesante. La alternativa de elaboración de productos de cuarta gama envasado en atmósfera modificada, en donde el banana tuviera presencia, sería bastante estratégica para atacar los mercados internacionales. Es posible que en estas dos alternativas se encuentren un filón, que aunque considero no será la salvación definitiva del gremio, bien pudiera representar alguna fuente de divisas.

El uso de atmósferas modificadas como técnica para la conservación de alimentos, es relativamente conocida desde hace algún tiempo, mediante ella se puede conservar por mucho mas largo tiempo, algunos productos alimenticios, en condiciones óptimas para el consumo. La aplicación de

la técnica es bastante sencilla, los resultados son inmediatos y, en algunos casos, especialmente en vegetales, bastante buenos.

La técnica como tal consiste en conocer muy detalladamente el alimento, identificar claramente los factores de riesgo, e intervenirlos mediante la aplicación de una atmósfera en el empaque que contiene el producto. Esta atmósfera sufrirá transformaciones en el tiempo, normalmente previstas, producto de su interacción con el alimento y el empaque, el cual, al igual que ella, debe ser diseñado para cada necesidad específica.

Las atmósferas modificadas van desde la simple modificación de la composición del aire normal, hasta la ausencia total de este, de manera que el empaque al vacío, se considera como una particularización del empaque en atmósferas modificadas.

La infraestructura básica necesaria para la aplicación industrial de esta técnica consiste en una máquina empacadora en atmósfera modificada, la cual puede funcionar extrayendo el aire presente en el primer paso, y en el segundo paso inyectar la corriente de gases balanceada previamente o, inyectando directamente la corriente de gas, la cual desplaza el aire originalmente presente. En los sistemas, la operación de cambio de aire termina con un sellado de la bolsa que aísla la atmósfera del resto del ambiente. Se requiere igualmente cilindros de gases, mezcladores de estos y probadores (lectores) de concentración de gas.

Los equipos básicos para esta aplicación se presentan en las fotografías siguientes.



Foto N° 1. Empacadora
Fotografía Cortesía del INTAL



Fot. N° 2. Mezclador
Fotografía cortesía del INTAL



Fot. N° 3. Analizador de gases
Fotografía cortesía del INTAL



Fot. N° 4. Producto empacado en A.M.
Fotografía cortesía del INTAL

Pudiera también, y esta como alternativa de más largo aliento, pero de muchísimo mayor futuro, que el plátano dejara de mirarse como un producto final, para convertirse en un producto intermedio. Y en este sentido, traigo a cuento un esfuerzo importante que algunos productores o industriales han intentado con el plátano o el banano: la elaboración de harina para ser usada como base para sopas y cremas. Este producto, igual facilita, pero considero que también puede atraer y ampliar la base de consumidores.

A modo de ejemplo, la inspección rápida de la composición bromatológica promedia del plátano (clones comerciales) a 120 – 140 DDF, indica claramente la dirección de trabajo a adoptar Tabla 1.

Sobresalen los valores correspondientes a carbohidratos por altos, los de proteína por lo bajos y los de rendimiento en la producción de harina por lo atractivos y prometedores, de manera que si se quisiera aprovechar la riqueza composicional del plátano, debería pensarse inicialmente en usar el potencial de carbohidratos presentes, obteniéndolos adecuadamente, de manera que funcionen similarmente a materiales de baja producción nacional y alta demanda. Somos importadores, por ejemplo, de trigo, del cual fundamentalmente obtenemos la harina, para múltiples aplicaciones en la industria alimenticia.

La industria de los alimentos ha evolucionado hasta niveles insospechados. Los conceptos de textura, color, apariencia, sabor, olor entre otras características, son manipulados con facilidad. Aún las características nutricionales son modificables y de hecho se manipulan en la producción industrial de alimentos. Se han desarrollado materiales especializados en comunicar una u otra característica en forma mas o menos intensa de acuerdo con las necesidades, extraídas de las apetencias (y por tanto exigencias) de los consumidores. En la actualidad es posible (además de bastante sencillo), elaborar análogos de carne, es decir, materiales que en su estructura física, sus características sensoriales (olor, sabor, textura, apariencia) y hasta su comportamiento haciendo parte de sistemas alimenticios complejos, sean similares a la carne, hasta el punto que un evaluador no entrenado, pueda confundirse.

Este gran avance de la tecnología de los alimentos procede del avance en la ciencia de los alimentos (química, física, reología, óptica, bioquímica, microbiología, etc.) y del nuevo enfoque con el cual se aborda hoy por hoy su estudio. Actualmente se habla de funcionalidad de ingredientes, mas que de materias primas como tales. El alimento se entiende y se estudia

Tabla 1. Composición bromatológica de la pulpa de los frutos de cuatro clones comerciales de musáceas.

DDF		120	140
Cachaco			
	Proteína	1.4	1.5
	Carbohidratos	83.5	85.6
	Humedad harina	9.8	9.2
	Rendimiento harina	15.7	18.4
Dominico - Hartón			
	Proteína	2.8	2.9
	Carbohidratos	79.4	82.6
	Humedad harina	10.7	11.2
	Rendimiento harina	25.9	26.5
Pelipita			
	Proteína	2.8	1.6
	Carbohidratos	81.9	81.4
	Humedad harina	9.6	9.9
	Rendimiento harina	19.6	23.3
Guineo			
	Proteína	4.1	3.8
	Carbohidratos	73.0	79.2
	Humedad harina	16.4	11.0
	Rendimiento harina	14.0	16.4

Adaptado por Restrepo 2002, de MORALES, H., BELAL-CÁZAR, S. y CAYÓN, G., Efecto de la época de cosecha sobre la composición físico-químico de los frutos en cuatro clones comerciales de Musáceas. En: Poscosecha y agroindustria del Plátano en el eje cafetero de Colombia. Armenia Quindío, septiembre de 2000.

como un sistema, e igualmente así se diseña.

En términos macro, un alimento se diseña teniendo en cuenta, inicialmente, las exigencias legales en términos de contenido de proteína, grasa, humedad. Igualmente se consideran las necesidades de conservación del mismo, por lo que además de observancia de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM / GMP) se considera la adición de los agentes conservantes necesarios, para que en coordinación armónica con el empaque, el método de conservación y las condiciones de éste, ofrezcan la mayor vida útil del producto. También se consideran los ingredientes necesarios para obtener el sistema alimenticio y estabilizarlo, y por último, se tiene en cuenta la condición final, sin la cual no es posible formular: que todo esto tenga el mínimo costo, es decir, que con la menor cantidad de dinero, se obtenga el mejor sistema.

Los alimentos producidos industrialmente, fundamentalmente son uno o varios sistemas coexistentes y estables. Entre estos caben mencionar los

siguientes por ser los mas comunes: emulsiones, suspensiones, soluciones, dispersiones, espumas, geles, entre otros. En todos estos sistemas, deben existir elementos que en primer lugar aporten las características requeridas desde el punto nutricional, otros elementos que estabilicen el sistema y otros que lo hagan barato. Aquí aparecen entonces conceptos que en la moderna tecnología de alimentos tienen gran importancia: agentes emulsionantes, agentes estabilizadores de suspensiones, agentes dispersantes, agentes gelificantes, agentes retenedores de humedad, y por que no mencionarlos, agentes de relleno o extensores.

Los mas sencillos de todos estos materiales, y que no por serlo tienen poca aplicación, son las sustancias de relleno, algunas de ellas muy buenos retenedores de humedad (lo cual a su vez comunican una característica tecnológica bastante deseada por los efectos sensoriales) y que simultáneamente extiende las fórmulas, abaratando costos.

SUSTANCIAS DE RELLENO

Estos son materiales que solamente aportan masa y volumen, pero que aún así deben reunir algunas características sin las cuales, es imposible usarlos. Básicamente estas características son:

Compatibilidad con el alimento y el sistema alimenticio en el cual van a estar presentes. Esta propiedad se refiere fundamentalmente a que los materiales por su misma naturaleza, no “desentonan” en el alimento.

- Inocuidad. Esta propiedad se refiere a que el material no le confiera al alimento o al sistema alimenticio, características peligrosas o potencialmente peligrosas para la salud de los consumidores. En esta característica deben tenerse en cuenta sinergismos que eventualmente pudieran producirse entre constituyentes del sistema alimenticio.
- Estabilidad química. Aunque aparentemente esta característica tiene que ver con la característica anterior, debe evaluarse independientemente en el material antes de su uso o su inclusión en una formulación alimenticia
- Calidad microbiológica. Aspecto íntimamente relacionado con los anteriores y determinante en la calidad. La calidad microbiológica, no solamente cubre los aspectos relacionados con las intoxicaciones alimentarias, sino también los cambios deteriorativos asociados con las

enzimas presentes en sus metabolitos. Desde este punto de vista existen muchos materiales que alternativamente pudieran usarse como extendedores para muchos productos alimenticios.

Cuando se diseña un producto alimenticio existen varios aspectos a tener en cuenta. Primero, la parte correspondiente al aspecto final del producto. Las características sensoriales. Los aspectos nutricionales. Los aspectos funcionales. Los aspectos de costo.

Características sensoriales. Van desde la simple apariencia del producto final, pasando por aspectos de textura (incluyendo la visual), color, olor y sabor característicos y correspondientes a los esperados por el consumidor.

En segundo lugar pudieran ser considerados los aspectos de inocuidad del producto. Es decir, lo que menos espera un consumidor de un alimento es que le haga daño para su salud, es mas, casi es hasta soslayable que no nutra, pero que efectivamente no deteriore su salud.

En tercer lugar están las características nutricionales las cuales hay que balancear adecuadamente para lograr el efecto primario deseado con los alimentos: nutrir.

En cuarto lugar están las características funcionales que son aquellas que permiten el diseño ingenieril del producto y por supuesto, hacen que este sea competitivo en el mercado.

La harina de trigo, además de ser la materia prima básica para la industria panadera, es una buena sustancia de relleno para muchas otras industrias; de hecho es la sustancia de relleno por excelencia en la industria de carnes; hasta en la legislación se considera y se limita su uso a valores de no más de 5 % en peso.

El consumo de harina de trigo en Colombia, en razón del consumo de carnes y haciendo un estimado por lo bajo (suponiendo que todos los industriales respetan la Ley, manteniendo el nivel de uso de estas sustancias de relleno en 5 % en los productos elaborados) está alrededor de 4800 toneladas / año (400 toneladas /mes). Ahora, si se considera que los valores aquí estimados corresponden a la economía formal, bien pudiera duplicarse o triplicarse este valor considerando los productores informales de productos cárnicos.

¿Qué tal si se piensa en reemplazar la harina de trigo, de relativa pobre funcionalidad en el sis-

tema cárnico (solo aporta retención de humedad 1:1), paulatinamente por harina de plátano o de banano de buena calidad? Prácticamente, pensando solo en este renglón, se tendría uso para aproximadamente 1800 toneladas mensuales de material de rechazo entre plátano y banano. Ahora bien, una harina de plátano producida bajo ciertas condiciones técnicas ofrecerá al industrial de la carne no solo un producto que sustituiría la harina de trigo, sino que además pudiera superarlo en términos de Capacidad de Retención de Humedad (1:2), sino además en poder gelificante. Si estas propiedades mejoran, también puede ofrecerse el producto a mejor precio y, seguramente podrá involucrarse en un mayor porcentaje en las formulaciones, lo cual consecuentemente arrojaría cifras muy por encima de las calculadas.

El consumo de harina de trigo en Colombia, para ser usada en panificación y repostería, es de aproximadamente 675.000 toneladas / año (56.250 toneladas / mes). Reemplazar parte de la harina de trigo, por harina de plátano o banano con algún nivel de refinamiento, daría un gran alivio a los rechazos. El reemplazar solo el 5 % de este material en las formulaciones de panificación y repostería (en donde su uso es mucho mayor) reportaría un consumo de 33.750 toneladas / año (algo así como 2.810 toneladas / mes), es decir 152.000 toneladas / año de plátano y banano de rechazo industrializada (12.650 toneladas / mes)

Debemos preguntarnos ahora, cuales serían las características requeridas o exigidas por la industria para este material? Indudablemente una excelente calidad microbiológica es el requisito básico para iniciar estudios de incorporación de este material como materia prima de otras industrias; esto implica la producción del material observando estrictamente las condiciones consagradas en el Decreto 3075 de diciembre 23 de 1997, para el caso colombiano, o las Buenas Prácticas de Manufactura, prácticamente generalizadas en toda la normatividad mundial. Como segunda condición se requiere una óptima funcionalidad, o mejor, una relación funcionalidad / precio competitiva con la de otros materiales (harina de trigo, almidones de papa, yuca, trigo, etc.).

Una segunda pregunta a resolver es: en qué términos medir la funcionalidad de un material de relleno, para este tipo de productos? En primer lugar, debe quedar suficientemente camuflado

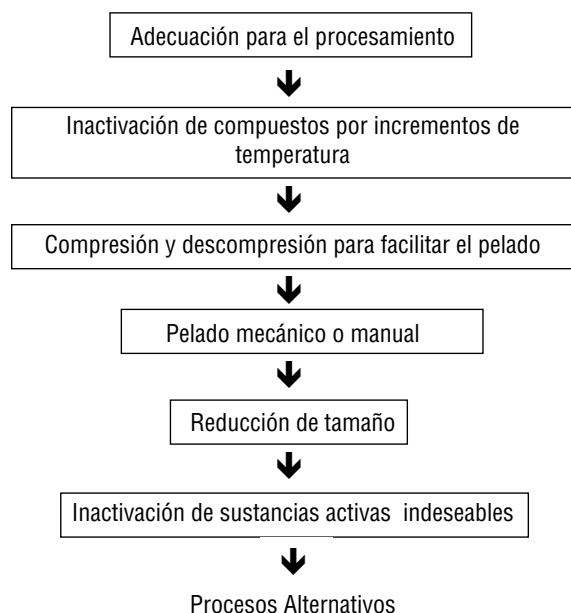
como para no modificar la identidad del producto en el cual se va a usar, evitando comunicarle características extrañas. En segundo lugar, no debe interferir, fundamentalmente, reduciendo la vida útil del producto. En cuanto a la primera característica esta se entiende como que no comunique sabor, olor, color, apariencia, textura, entre otras. Los niveles de reemplazo en el producto original o testigo, se definen comparando el producto reemplazado contra éste y ellos proporcionan el valor óptimo a usar. Por supuesto, toda la evaluación técnica debe estar acompañada de una rigurosa evaluación económica.

OBTENCIÓN DE HARINA

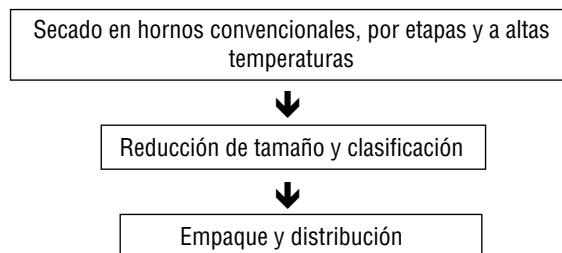
La obtención de harina requiere de claridad en el objetivo de aplicación antes del diseño del proceso.

Cuando se requiere obtener un producto en el cual se deban conservar las características funcionales de los ingredientes (almidones, azúcares, proteínas), deben evaluarse cuidadosamente las condiciones de obtención (temperaturas, contacto con el Oxígeno, contacto con metales, etc.), además de las condiciones microbiológicas y económicas, las cuales finalmente están condicionando el uso del producto.

Un esquema básico de obtención de harina de plátano es el siguiente:

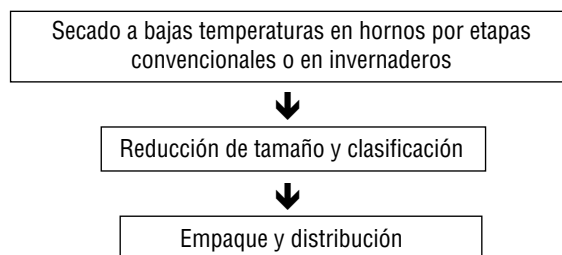


Alternativa 1.



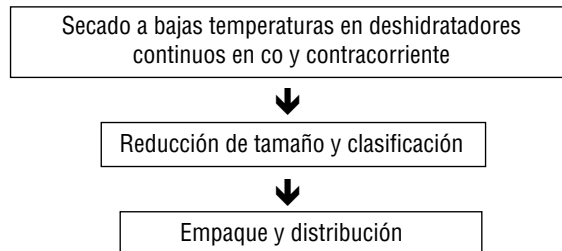
Comentario: este proceso normalmente implica demasiada manipulación, por lo que la calidad microbiológica del producto es bastante mala. Igualmente puede decirse de la funcionalidad del material final, el cual además presenta humedad bastante heterogénea. Limitada aplicación a nivel de sistemas alimenticios complejos.

Alternativa 2.



Comentario: existe mucho riesgo de deterioro del material por problemas de inestabilidad microbiológica. Prácticamente el proceso es inaplicable industrialmente.

Alternativa 3.



Comentario: este proceso es bastante eficiente para la elaboración de este producto. El proceso se puede automatizar en una alta proporción. Los rendimientos son altos, igualmente la eficiencia en la producción. Producto final con excelentes propiedades funcionales.

En las fotografías N° 5 a N° 10 se presenta un secador de este tipo.



Fot. N° 5.
Vista panorámica del secador



Fot. N° 6.
Detalle del alimentador



Fot. N° 7
Ingreso al secador



Foto. N° 8
Detalle de quemadores



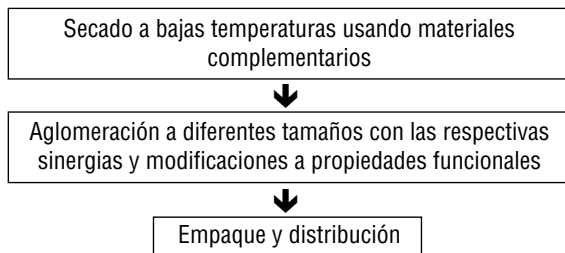
Foto. N° 9
Colectores



Foto. N° 10.
Clasificador por tamaño

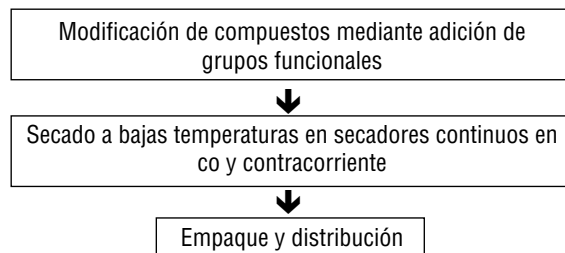
Fotografías cortesía del INTAL

Alternativa 4



Comentarios: excelente alternativa. Requiere alta inversión. Material final muy funcional.

Alternativa 5



Comentario: excelente alternativa, material resultante muy versátil modificado según necesidad.

des de aplicación.

Aplicaciones mucho más refinadas, puede derivarse del uso de constituyentes específicos. Los almidones, en los cuales es rica tanto la pulpa como la cáscara tienen una aplicación mucho más versátil en los sistemas alimenticios, yendo de la mano con el refinamiento, la funcionalidad y determinando, en consecuencia, su costo de producción.

Los almidones pueden ser usados en forma de almidones nativos o modificados, pero su aplicación se ve mucho más limitada en el primero de los casos, mientras que para el segundo, se define que tipo de modificación realizar, de acuerdo con el objetivo de aplicación que se defina y por supuesto, tomando en cuenta la naturaleza y composición del almidón.

ALMIDÓN

Es un polímero que se encuentra en los vegetales, realizando una función de reserva. Se localiza dentro de pequeños gránulos cuyo tamaño y apariencia varía según las plantas en las que se encuentre. Los gránulos pueden ser observados por microscopía con luz polarizada u ordinaria, así como por difracción de rayos X, mostrando en cualquier caso una estructura cristalina. Su tamaño y forma varían de unas plantas a otras según su sistema biosintético y las condiciones físicas del entorno del tejido.

Los gránulos de almidón están constituidos por dos polisacáridos diferentes, uno de estructura lineal, la amilosa, y el otro de estructura ramificada, la amilopectina. En la mayoría de los casos la amilosa está presente entre el 17 a 30 % salvo en el maíz en que está cerca del 75 %.

En el gránulo de almidón, la amilosa se encuentra en forma cristalizada uniéndose unas moléculas a otras mediante puentes de hidrógeno. En disolución las moléculas de amilosa se presentan en forma de hélice, en las que cada vuelta está formada por seis unidades de glucosa, y son capaces de incluir a otras moléculas como ácidos grasos, iodo e hidrocarburos, formando los denominados compuestos de inclusión. La molécula de amilopectina es ramificada, ya que en ciertos puntos de esta presenta enlaces a 1 – 4. Las ramificaciones son relativamente cortas y contiene de 20 a 30 unidades de glucosa. Con el iodo las unidades de amilopectina dan un color rojizo. Durante la coc-

ción la amilopectina absorbe mucha agua y es, en parte, la responsable del hinchamiento de los gránulos de almidón. Debido a su estructura ramificada, la amilopectina no tiene tendencia a la recristalización y, al contrario que la amilosa, las disoluciones amilopectina, no retrogradan.

Modificación de almidones

Las propiedades de los almidones pueden modificarse mediante tratamientos con el fin de hacerlos adecuados para su incorporación como ingredientes de los alimentos.

Una de las modificaciones más simples es el tratamiento con ácidos, para ello se hace reaccionar una solución del 40 % de almidón con ácido sulfúrico o clorhídrico a 20 – 55 °C durante 2 – 6 horas. Los ácidos hidrolizan algunos enlaces, sobre todo en las zonas amorfas de los gránulos, permaneciendo las cristalinas relativamente intactas. Estos almidones proporcionan soluciones de menor viscosidad y geles de menor firmeza. Se utilizan ampliamente en confitería para la elaboración de caramelos de goma por su capacidad de formar pastas concentradas en caliente que gelifican muy bien al enfriar.

Los almidones pregelatinizados son ingredientes muy comunes para diversos alimentos, se preparan por deshidratación de una disolución de almidón previamente calentada a temperaturas superiores a las de gelatinización. Este tipo de almidón se rehidrata muy rápidamente y se utiliza en alimentos en los que se requiera una textura rápida y espesa; este es el caso de los postres instantáneos, rellenos de tartas, papillas infantiles, etc.

Los almidones reticulados se preparan haciéndolos reaccionar con agentes reticulantes como la epiclorhidrina, el trimetafosfato sódico o el oxícloruro de fósforo durante una hora a una temperatura de 50 °C. Estos agentes provocan la aparición de enlaces covalentes tipo éster y éter entre las moléculas de amilosa y amilopectina, con lo que el gránulo de almidón se hincha pero no llega a estallar; en consecuencia, las soluciones permanecen viscosas por más tiempo aunque se calienten, se agiten o se pongan en contacto con ácidos. Si el almidón está muy reticulado, puede llegar a inhibirse la gelatinización, aún en agua hirviendo. Se utilizan ampliamente para alimentos infantiles, salsas para ensaladas, rellenos para tartas y postres cremosos, actuando como espesantes y estabili-

zantes.

Los almidones también se modifican químicamente para los productos que tengan que almacenarse durante un período de tiempo a bajas temperaturas (sobre todo salsas congeladas). En estos almidones se busca la sustitución de grupos hidroxilo por acetilo, hidroxietilo, hidroxipropilo y fosfato con el fin de incorporar grupos muy hidrófilos que retengan fuertemente el agua y eviten su separación bajo forma de cristales, aumentando así la estabilidad del alimento.

Propiedades funcionales

Los polisacáridos solubles, son los responsables de la viscosidad, capacidad espesante y gelificante, debido a su presencia, se pueden diseñar productos alimenticios con diferentes texturas y formas específicas.

Los polisacáridos en disolución pueden actuar como crioprotectores, evitando o controlando la formación de cristales, debidos a que los polisacáridos, al aumentar la viscosidad de la disolución, provocan un descenso del punto de congelación y limitan al máximo la velocidad de las moléculas de agua evitando así la cristalización. Además los polisacáridos pueden adsorberse en los núcleos o puntos activos de un cristal impidiendo su crecimiento. Por ello en los alimentos almacenados en congelación, los polisacáridos son muy efectivos como agentes protectores frente a cambios estructurales y de textura.

La capacidad de absorción de agua. Es una de las propiedades fisicoquímicas mas importantes de los carbohidratos y depende, entre otros factores, de su estructura, de la mezcla de isómeros y de su pureza. Esta propiedad de los carbohidratos puede ser favorable en unos casos y desfavorable en otros. Es favorable si contribuye al mantenimiento de la humedad de algunos alimentos, como en el caso de los productos de panadería y pastelería, ya que pueden formar una capa superficial que limita la pérdida de agua en el alimento. Es desfavorable, por ejemplo, en el caso de los productos granulados o en polvo, en los cuales la entrada de agua, conduce a la formación de aglomerados que limitan la posterior solubilidad de los azúcares.

Viscosidad. Todos los polisacáridos solubles forman soluciones viscosas debido a que se trata de grandes moléculas. La viscosidad de una disolución de polisacáridos, está en función de la for-

ma y el tamaño de su molécula y de la conformación que adopte en la disolución.

Cuando el polisacárido está en disolución, gira libremente ocupando un espacio que se conoce con el nombre de volumen efectivo. Si el polisacárido es lineal, al girar, por razones de tipo estérico, las moléculas ocupan mas espacio, por lo que chocan unas con otras, originándose una fricción que provoca un incremento en la viscosidad y un consumo de energía.

Si el polisacárido está plegado o ramificado, el volumen efectivo disminuye, por lo que en disolución ocupa menos espacio y es más difícil que se encuentren unas moléculas con otras, con lo que la viscosidad será menor. Cualquier factor que una molécula lineal adopte en disolución una forma mas estirada, provocará un aumento en la viscosidad y por el contrario, si provoca la aparición de formas menos extendidas, disminuirá la viscosidad de la disolución.

Capacidad de formar geles. Un gel es una red tridimensional que deja atrapada en su interior una gran cantidad de una fase líquida continua. En la mayoría de los alimentos, la red del gel está formada por fibras de polímeros unidos unos a otros por diversas fuerzas eléctricas, mientras que la fase líquida es una solución acuosa de solutos de baja masa molecular y fragmentos de cadenas poliméricas.

La fuerza del gel dependerá de la fuerza con la que se unen las zonas cristalinas (zonas donde prevalecen las moléculas de polisacárido excluidas de agua). Así, si estas zonas son numerosas, grandes y están fuertemente unidas se obtendrán geles firmes y estables, mientras que si son escasas, pequeñas o las fuerzas que unen las moléculas no son fuertes, se obtiene geles débiles y poco estables. En consecuencia, la firmeza de un gel puede modificarse tecnológicamente con el fin de obtener la necesaria en cada momento.

Hidrólisis de los polisacáridos

Pueden sufrir cambios durante el procesamiento y almacenamiento de los alimentos que los contienen. La hidrólisis de los enlaces glucosídicos puede sucederse mediante ácidos o en forma enzimática, generalmente mediante el tratamiento térmico. La despolimerización lleva consigo un descenso en la viscosidad y por ello, cuando se prevee una hidrólisis es conveniente incorporar

una cantidad mayor de polisacárido, para evitar el cambio en la viscosidad manteniendo la textura del alimento.

En el caso de la hidrólisis enzimática, la efectividad del proceso depende de la especificidad de la enzima, del pH, tiempo y temperatura. (Cambero *et al.*, 1998)

CONCLUSIONES

- El uso de las atmósferas modificadas es una técnica que puede ofrecer ampliación de mercados (sobre todo el de exportación), con una relativa baja inversión.
- Deben mirarse el plátano y el banano bajo la óptica de un producto intermedio o como materia prima para otras industrias.
- Deben caracterizarse adecuadamente los diferentes materiales obtenidos a partir de ellos, y

explorar las posibilidades de uso que ofrece la moderna industria de alimentos.

BIBLIOGRAFÍA

- CAMBERO, M. I., FERNÁNDEZ, L., GARCIA, M., GARCIA DE FERNANDO, G., DE LA HOZ, L., SELGAS, M. Tecnología de los Alimentos. Volumen I Componentes de los Alimentos y Procesos. Capítulo 5. Carbohidratos p. 77 – 99. Juan A. Ordóñez Pereda (Editor). Editorial SÍNTESIS S.A. Vallehermoso Madrid, 1998
- INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS (INTAL). Resultados prácticos de varias investigaciones. Agosto 2002
- MORALES, H., BELALCAZAR, S., CAYON, G. Efecto de la Época de Cosecha Sobre la Composición Físico-Química de los Frutos en Cuatro Clones Comerciales de Musáceas. En: POSCOSECHA Y AGROINDUSTRIA DEL PLÁTANO EN EL EJE CAFETERO DE COLOMBIA. Corpoica, Comité de Cafeteros del Quindío, Universidad del Quindío, ASIPLAT, COLCIENCIAS. Armenia Quindío, septiembre de 2000

Controlled agriculture according to ethical-ecological criteria of crop growing

La agricultura controlada según criterios éticos-ecológicos de la cultivos las plantas

*U. Meier**

A

BSTRACT

Trust and credibility are always interlinked with an assessment. In this respect, existing structures, for example in agriculture, are not as such credible or not but can only be assessed with regard to previously determined assessment parameters, like test criteria.

Whereas the ecologically oriented, integrated plant cultivation in agriculture has been discussed for many years and corresponding results have already partly been achieved in practice, international discussions held in commercial industry are opening up towards the voluntary assessment and evaluation of social and lately also cultural standards. The aim is an evaluation of the extensive social performance of a company, according to ethical-ecological criteria, being based on the comprehensive set of criteria included in the Frankfurt-Hohenheim guidelines (FHL).

Criteria-oriented evaluation of agricultural businesses became increasingly established in practice in the nineties. Practical criteria systems are briefly introduced and compared.

Ethical-ecological demands of trade partners on agriculture imply however, that the entire trade sector is oriented towards these demands - otherwise, if one trade partner uses his market power, he leaves no options for the weaker partners to take a decision on the production method. The behaviour of the powerful trade partner is therefore neither sustainable nor socially acceptable, according to the FHL. In this respect the FHL opens up a new criteria-based and value-oriented level of discussion, exceeding scientific and economy oriented agricultural sciences by far. A voluntary implementation of criteria including an

independent cultural, social and ecological performance evaluation, can polish up the damaged image of agriculture and thus open up new possibilities.

INTRODUCTION

An economic efficiency evaluation on the basis of company-specific, economically relevant performance parameters is a matter of course in all industrial sectors and companies. A voluntary assessment of environmentally and socially relevant performances on the basis of environmentally related and socially relevant parameters is, however, relatively new.

The voluntary introduction of environment management systems as well as the ISO standard series 14001 (1996), the Eco-Audit of the EU (Regulation EC 761/2001), the social management system SA 8000, and also the development of practical criteria for the assessment of companies in view to their ecological and social competence and performance, were the results of the 'Conference for environment and development' in Rio de Janeiro in 1992 and the connected and guiding principles of the Rio-declaration within the framework of the Agenda 21. The guiding principles of a globally sustainable development in this Agenda applies to the relationship between humans and nature and equally to the relationship between individual societies. Thus, within the context of progressing globalisation of economy, 'global justice' comes into the focus of future discussions. This will depend on the orientation of world economy towards ethical-ecological standards. One possibility to introduce these standards is the orientation towards concrete criteria as they are

* Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA), Messeweg 11-12, 38104 Braunschweig, Germany. Tel (49)531 299 4409; E-mail: u.meier@bba.de

described in great detail in the Frankfurt-Hohenheim guidelines (FHL) of Hoffmann *et al.* (1997). Criteria which are oriented towards crop growing are introduced and compared provided that they have been established internationally.

RESULTS

The voluntary integration of environment management-systems and the convincing use of ethical-ecological criteria in production, trade and service industries is gaining increasing significance in manufacturing industry. International rating agencies and certification organisations assess the ethical-ecological performance and supervise the adherence to principles and criteria on a voluntary basis.

In comparison with already existing criteria systems and also in regard to adaptability in agricultural enterprises the FHL of Hoffmann *et al.* (1997) proved to be particularly helpful. It is at present the most extensive criteria catalogue for management according to ethical-ecological standards.

Trust and credibility by means of assessment criteria

In all sectors of economical life, problematic incidents which have an effect on the public, lead to a loss of image. Furthermore, an increasing loss of confidence and decreasing credibility are the consequences. In our media society today an image can be lost in a very short time whereas image building takes years of cost-intensive efforts which must be convincing as regards contents as well. In the case of incidents which effect the public, not only trust and credibility in the respective economical sector suffers but also everybody working in this branch of industry, including politics, official authorities and science.

Trust and credibility are always closely connected with an assessment and are related to persons, the assertion of rights, standards or criteria (Döpfner, 2000). In order to come to a sound, comprehensible and therefore credible conclusion it is necessary to start from clearly defined assessment parameters because an adherence to the assertion of rights, the credibility and efficiency of structures can only be examined by means of concrete parameters.

Economic ethics/agricultural ethics

The search for a peaceful solution of conflicts requires new forms of dialogue between the various interest groups, opposing each other in ecological and socio-economical areas of tension. Economic ethics and correspondingly, agricultural ethics, are guided by the idea that the actions of all persons involved in market economy and the design of legal-political outline conditions should be oriented towards ethical principles. This includes the responsibility to preserve nature, to respect human dignity and the life of future generations. Economic ethics are according to Kersting (1994) therefore an area *where the strategic rationality – characteristic of modern economy – meets ethic reason.*

Efficiency evaluation according to ethical-ecological criteria

The most substantial and up to now most precise and subtle catalogue of criteria, the FHL, which claims to contain the probably complete description of potentially relevant aspects of examination required for an ethical assessment system, was developed by Hoffmann *et al.* (1997) on behalf of German banks. Thus, on the basis of epistemological considerations together with practical possible applications they developed the 'ethical-ecological criteria'. The FHL focuses on entire society-related company results by also taking the cultural compatibility of actions into consideration, besides the environmental and social compatibility. Apart from ecological and social dimensions he introduced the cultural dimension to the discussion on ethical conduct

In the meantime, the ethical-ecological assessment model became established in economic practice and is increasingly used by internationally operative companies which employ ranking methods (www.oekom-research.com).

The cultural dimension of FHL is added to the entrepreneurial efficiency evaluation because for the design and establishment of ecologically compatible and socially benign products, production processes, innovations and for the development of techniques, knowledge about the social order of civilisations is of major importance. Moreover, the FHL assumes that the capability of a society to solve its occurring social and ecological problems depends on the knowledge about the order of

civilisations which is based on traditions and conscience. Economic actions have to rely on the continued existence of this knowledge of order but threaten it simultaneously every time economic and commercial forms of thought are set in an absolute way and, as a result, affect non-commercial areas of life (HOFFMANN et al., 1997). It is assumed that:

- **every civilisation is looking for behaviour patterns to ensure its survival,**
- **economic actions have to rely on moral standards also, and**
- **absolute and pre-determined commercial forms of thinking as such do not produce moral standards.**

Under the condition that economic actions have to rely on the continued existence of knowledge about order, threatening it at the same time, the possibility to supervise and assess companies as to their ethical-ecological performance, by requiring a guaranteed commitment to moral standards (Wieland, 1993).

Ecologically compatible and socially benign actions are always related to economic compatibility of commercial entrepreneurial activities. These also form a part of the knowledge about the order of civilisations. In this respect, cultural compatibility of ethical-ecological actions can be seen as the central dimension in the field of tension called: sustainable development.



Fig.1 Cultural compatibility as the central dimension of sustainable development

International criteria systems in plant production

Euro-Retailer Produce Working Group (EUREP)

The Euro-Retailer Produce Working Group (EUREP), the GAP (Good Agricultural Practice) is a co-operation of numerous leading retail enterprises in Europe. EUREP trading concerns will make fruit, vegetable and flower producers discharge their duties which means, to only produce goods in line with pre-determined consumer protection, environmental protection and social criteria, and have these goods checked by an independent private enterprise. The producers have to be oriented according to EUREPGAP

criteria. This aims at getting the entire food chain from agricultural production to the consumer under an independent control.

Flower Label Program (FLP) According to its own statements, the FLP supports socially benign and ecological compatible cut flower production world-wide by applying universal social and environmental standards. The FLP is based on the international 'Code of Conduct for the socially benign and ecologically compatible production of cut flowers' which sets minimum standards – the respective stricter regulation applies, however, if national rights are affected. Environmental criteria, including plant protection, were already published in 1996 by the Federal Research Centre (MEIER und FELTES, 1996; FELTES y MEIER, 1996 (www.bba.de). FLP focuses clearly on the observance of social standards, following commonly acknowledged articles published by the International Labour Organisation (ILO) (www.ilo.org).

Milieu Project Sierteelt (MPS) = environment program for ornamental plants. MPS was set up as a foundation in 1995 by Dutch ornamental plant merchants and aims at minimising environmental pollution in the ornamental plant nurseries involved. MPS is a system with controllable environmental criteria, basing on voluntary registration and environmental testing. Social criteria were introduced additionally on the basis of the requirements laid down in SA 8000. This program includes not only horticultural enterprises but also retailers. By now MPS is used as well by the ornamental horticultural industry in Belgium, Denmark, Kenya, Zimbabwe and Israel.

The Forest Stewardship Council (FSC) was founded in 1993 by environmental organisations, representatives of affected ethnic groups and forestry enterprises in Toronto. The object of the FSC is promoting a forest management on the earth which is environmentally responsible, socially compatible and workable. The framework of certification is formed by ten FSC principles including 56 criteria, representing the columns of an ethically and economically workable forest management. Characteristic for the FSC -which works independently of governments and associations and is oriented towards market economy - is the integration of all social groups interested in a sustainable forest management.

Pan European Forest Certificate (PEFC) After detailed discussions of the German Forestry Council (DFWR), a forestry certification had been originally disapproved of, as in the view of the DFWR German forestry is traditionally practising a sustainable manner of pursuing economic affairs. However, mainly for reasons of competition a change of mind happened. Therefore, the DFWR has to be regarded as a fundamental initiator and important support of the PEFC Germany today.

Rainforest Alliance (RA): Numerous producers of agricultural products (bananas, coffee, oranges, sugar cane, cocoa) in Latin-America have their farms voluntarily inspected according to differentiated environmental and social criteria set by the US-American environmental organisation, the RA. The inspected enterprises are authorised to use the trade mark 'ECO-OK' for their goods. The production standards and test criteria were set by scientists from different disciplines on behalf of Rainforest Alliance.

Comité de Liaison Europe-Afrique Caraïbes Pacifique (COLEACP) COLEACP is an interprofessional association of exporters, importers and other stakeholders for trading horticultural products with ACP states. The proposed COLEACP-criteria are remarkable because of their

extraordinary volume and detail, containing not only ecological but also comprehensive social criteria. This proposal of the EU working group is also based on comprehensive lists of criteria with a view to Good Agricultural Practice. These criteria are available in various languages in the internet (www.coleacp.org).

Comparison of criteria systems

All control systems follow the same course and have the same goal, however, their intentions, motivations and interests differ. It is their common goal to prove by documenting their actions that plant production risks for humans and the environment can be minimised by controllable criteria. Furthermore, reviewing these aims voluntarily should complement governmental control.

Common features of the systems	Differences in the systems
- Environmental conscious plant production - Integrated crop growing/protection - Controllable criteria - Voluntary commitment of producer - Inspections at producer's expense - Independent inspection authorities - Obligatory documentation - Waste disposal - Soil protection and soil husbandry - Water management - Optimal nutrition supply - Nature conservation - Further training	- Motivation to participate - Composition of decision-making committees - Volume of list of criteria - Assessment systematics - Intervals between inspections - Examine governmental regulations - Implementation of inspections - Consideration of social fields - Costs

CONCLUSION

Criteria systems which can be controlled by private organisations must be introduced by a consensus. Theoretical foundations are existing to a large extent. They are one way to create trust in agricultural economy provided that its control systems are not considered exclusively under the marketing point of view. Trade will be required to apply ethical-ecological standards to its purchasing policy and pricing in order to make controlled environmental crop growing on the basis of integrated systems possible for agricultural economy.

Ethical-ecological responsibilities have to be accepted jointly by trade, agricultural economy and their up- and downstream economic sectors

because a crisis affects all economic partners. Acting ethically also means not to make a partner incapable of decision-making, paying a fair price for his goods to enable him to take ethical-ecological responsibility. Taking advantage of ones market power causes 'environmental dumping' and is inconsistent with ethical principles. This has to be especially taken into account when assessing the performance of a trade partner. In order to pursue the model of a joint ethical-ecological responsibility, an open-minded and performance-oriented dialogue is, however, a pre-requisite.

REFERENCES

- DIN EN ISO 14001, 1996: Umweltmanagementsysteme. Spezifikation mit Anleitung zur Anwendung. 26 S.
- Döpfner, C. 2000 : Zur Glaubwürdigkeit ethisch-ökologischer Geld- und Kapitalanlagen. IKO – Verlag für Interkulturelle Kommunikation. Frankfurt. S. 255
- Feltes, J. und Meier, U. 1996: Protección del trabajo, de la salud y del medio ambiente en las empresas de horticultura. *Acta Toxicologia Argentina* 4, 12-16
- Hoffmann, J., Ott, K., Scherhorn, G., 1997: Ethische Kriterien für die Bewertung von Unternehmen. IKO- Verlag für Interkulturelle Kommunikation, Frankfurt/Stuttgart. S. 452
- Kersting, W., 1994: Probleme der Wirtschaftsethik. *Zeitschrift für philosophische Forschung*, 48, 3, 350-371
- Meier und Feltes, 1996: Bewertung von Blumenbetrieben in Nicht- EU-Ländern nach ökologischen Standards. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 48, 80-82
- Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 des Rates vom 24. Juni 1991 über den ökologischen Landbau und die entsprechende Kennzeichnung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Lebensmittel. *Amtsblatt Nr. L 198* vom 22/07/1991
- Wieland, J. 1993: Die Ethik der Wirtschaft als Problem lokaler und konstitutioneller Gerechtigkeit. In: *Wirtschaftsethik und Theorie der Gesellschaft*, 7-31

Projections of international banana trade to 2010

*Paul Pilkauskas**

S

UMMARY

World banana exports are projected to slightly exceed 14.5 million tonnes in 2010, about 20 percent more than the base period 1998-2000. The average annual increase would be between 1 and 2 percent from 2001 to 2005. The opening of the EC market in 2006 would be reflected by a rise in exports of some 4 percent that year. In subsequent years the growth would return to a more moderate rate of 2 percent per annum.

Global exports rose by 33 percent from an annual average of 9.2 million tonnes in 1990-92 to some 12.2 million tonnes in 1998-2000. The slower rate of growth reflects both supply-side and demand-side factors. On the supply side, some structural adjustments have been made by banana producers in the wake of the very low prices at the end of the 1990s. These include reduction in the areas planted and some diminution of capital investments in plantations, which will reduce future productivity gains. The further spread of Black Sigatoka in some countries is expected to further reduce the rate of expansion of production and exports.

World imports of bananas are projected to rise by some 20 percent to slightly below 14 million tonnes in 2010. Deducting 5 percent for the fruit lost in transit, total exports and imports will be in balance in 2010. Thus, projected annual rates of growth are equivalent for exports and imports.

The increase in imports is a consequence of rising populations and incomes and a projected decline of banana prices. The projected rate of growth is lower than that of the previous decade (36 percent between 1990-92 and 1998-2000) partially reflecting lower demographic growth in

the next decade. This deceleration can also be explained by the high levels of individual consumption of bananas in the major developed countries where income and price elasticities of demand are low. Banana imports are expected to grow much faster in developing and transition countries. While these countries presently account for only a quarter of world banana imports, they should be responsible for nearly half of the projected increase in global imports

Presentation of main findings

Important note: the results presented below assume that the European Community (EC) adopts from 2006 an import regime based on a single tariff of Euro 75 per tonne for all origins except the ACP suppliers (whose bananas will be able to enter the EC at a zero duty). With a different tariff level the results would be different. Various tariff scenarios are explored in section 4. The possible enlargement of the EC to some Central and Eastern European countries is not taken into account.

1. EXPORTS

a) General outlook

World banana exports are projected to slightly exceed 14.5 million tonnes in 2010, rising by approximately 20 percent from the volume exported in the base period 1998-2000 (see table 1 and figure 1). The average annual increase would be between 1 and 2 percent from 2001 to 2005. The opening of the EC market in 2006 would be reflected by a rise in exports of some 4 percent that year. In subsequent years the growth would return to a more moderate rate of 2 percent per annum.

* FAO, Italy.

The projected growth of exports in the 2000-2010 decade is lower than the expansion observed in the previous decade. Global exports rose by 33 percent from an annual average of 9.2 million tonnes in 1990-92 to some 12.2 million tonnes in 1998-2000. The slower rate of growth projected for 2000-2010 can be explained by both supply-side and demand-side factors. On the supply side, some structural adjustments have been made by banana producers in the wake of the very low prices at the end of the 1990s. These include reduction in the areas planted with bananas (although there are wide differences across producing countries) and, due to the weak financial situation of some banana companies, diminution of capital investments in plantations, which will reduce future productivity gains. In addition, the further spread of Black Sigatoka in some Latin American countries is expected to further reduce the rate of expansion of production and exports.

b) Outlook for exporting countries

Table 1 and figure 1 present the projected exports for the main exporting countries or country groups. The countries with the highest projected growth are Ecuador and the Philippines, with annual rates greater than 3 percent. **Ecuador**, the world leading banana exporter, is expected to continue to take advantage of its very low production costs and the well-established position of its large marketing companies (Noboa, ReyBanPac) in the world import markets. Its exports would rise by 36 percent to exceed 5.2 million tonnes in 2010, accounting for about 36 percent of world exports. However, growth may be lower unless proper measures are taken to control Black Sigatoka, a fungal disease that presently affects a substantial share of the banana land. Export prices are anticipated to remain unchanged until 2006, when under the current scenario they would increase by about 6 percent due to increased exports to the EC as it is assumed the shift to a tariff only regime in the EC will allow somewhat increased imports under a more open regime.

Similarly to Ecuador, the **Philippines** is expected to continue to take advantage of its low production costs, scale economies and its well-established marketing channels in Asia (mostly through multinational banana companies). In addition, two of its main markets, i.e. Eastern Asia and the Middle

East are expected to experience steady growth this decade due to rising population and/or incomes (see section on importing regions below). The recent elimination of a law that restricted the area planted in bananas is likely to further boost output. The Philippines is projected to raise its exports by 34 percent to reach some 2 million tonnes by 2010. Export prices to 2010 are expected to steadily decrease at an annual rate of about 1 percent per annum.

Exports from the second and third largest supplying countries, respectively Costa Rica and Colombia, are projected to enjoy a more moderate growth of some 2 percent per annum, rising by 23 percent over the decade.

Costa Rican exports would rise to 2.4 million tonnes in 2010 under the projected scenario. On the one hand, Costa Rica has relatively higher production costs than its Latin American competitors due to higher wages and stricter labour and environmental laws and standards. On the other hand, productivity is comparatively higher, shipping costs are lower, and the good environmental and social image of Costa Rica should be a marketing advantage in some high value markets such as Western Europe and the United States. Export prices are anticipated to remain unchanged until 2006, when under the current scenario they would increase by as much as 10 percent due to the large share of Costa Rican exports that go to the EC.

Colombia is projected to increase its exports to some 2 million tonnes in 2010, although this will depend on the evolution of the political and social situation. Civil strife might adversely affect production and shipments if it were to spread further. One third of Colombia's banana exports go to the EC, and therefore under the present scenario export prices are anticipated to increase by as much as 10 percent in 2006, but to remain unchanged between 2007 and 2010.

Aggregate exports from the **other Latin American banana suppliers** are projected to remain unchanged. However, the situation varies across the countries included in this group. The declining trend would endure in Panama and Mexico, while Guatemala would increase its exports. Honduras exports are expected to recover to the levels reached prior to Hurricane Mitch in 1998 but are unlikely to grow much beyond. The aggregate fall

in exports would be accompanied by depressed export prices until 2005. However, the 10 percent increase in prices in 2006 anticipated by the current scenario may fail to have a significant impact on aggregate exports.

According to the model employed, exports from **Caribbean ACP countries** (Windward Islands, Suriname, Belize, Jamaica and the Dominican Republic) would decrease by at least 30 percent to approximately 260,000 tonnes in 2010. This decline could be explained by higher production and marketing costs, economies of scale and the competition of other economic activities for land and labour. In addition, the preferential access of ACP countries to the EC market will be eroded when the EC moves to a tariff-only regime in 2006. The extent of this erosion will depend on the magnitude of the tariff preference granted to ACP countries. Export prices of conventional bananas are anticipated to remain unchanged until 2006, when they are expected to fall by about one quarter.

The expected decline in exported volumes should not be spread evenly across all Caribbean ACP countries. The **Dominican Republic**, for example, might enjoy an expansion of its exports due to the change of its status in the new (2002) version of the EC banana import regime. Moreover, it should be noted that approximately half of the Dominican Republic exports consists of organically-grown bananas. Organic and conventional bananas have very different markets. The prices of the former are higher than those of the latter. The model does not take into account organic bananas, as they represent only a fraction of world exports. However, in the case of the Dominican Republic, these products can be expected to mitigate the fall in prices projected above for the Caribbean countries.

Exports from **African ACP countries** are projected to decrease by some 6 percent to 430,000 tonnes in 2010. Almost all these exports would come from only two countries (Côte d'Ivoire and Cameroon), with some marginal quantities originating from Ghana and other countries. Exports from Somalia are difficult to predict due to the persistence of political instability. African banana exporting countries face structural problems that are similar to those of the Caribbean countries but the magnitude of these problems is smaller. They are also expected to be affected by the end

of the quota regime in the EC in 2006, when export prices are forecast to decrease by about 25 percent. However, their competitiveness gap with Latin American countries is not as big as that of Caribbean countries. Consequently, their exports to the EC should stabilize after an initial drop in 2006, while they might find some market outlets in other African countries.

2. IMPORTS

a) General outlook

World imports of bananas are projected to rise by some 20 percent to about 14 million tonnes in 2010. If world exports are reduced by a coefficient of 5 percent to account for the fruit lost in transit, then total exports and imports will be in balance in 2010¹. Unsurprisingly the projected annual rates of growth would be the same as those described in section 1. a).

The increase in imports is a consequence of rising populations and incomes and a projected decline of banana prices. The projected rate of growth is lower than that of the previous decade (36 percent between 1990-92 and 1998-2000) reflecting lower demographic growth in the next decade. This deceleration can also be explained by the high levels of individual consumption of bananas in the major developed countries. It is generally believed that consumption per capita is close to saturation in these countries so the income and price elasticities of demand are low. Moreover, their population growth is slow. As a result, banana imports are expected to grow much faster in developing and transition countries (see table 2 and graph 2). While these countries presently account for only a quarter of world banana imports, they should be responsible for nearly half of the projected increase in global imports.

b) Outlook by importing countries or regions

b1) Developed countries

As stated above, developed countries are not projected to raise markedly their imports of bananas. Annual growth rates would range between 1 and 1.2 percent. In the **USA and Canada** higher imports will mainly stem from demographic growth

due to immigration. Together these 2 countries are projected to import over 4.6 million tonnes in 2010. Import prices are expected to remain approximately unchanged throughout the decade. In **Japan**, population is expected to stagnate. However, falling banana prices (about 2 percent per annum) should result in higher consumption per capita. Imports are therefore projected to rise by approximately 10 percent to almost 1.1 million tonnes in 2010.

The **European Community** stands out as an exception. This is due to the expected transition from a banana import system based on tariff-quotas to a tariff-only system. The elimination of quotas in 2006 is expected to boost imports. However, the extent of this increase will greatly depend on the level of the tariff levied on bananas originating from non-ACP countries. The results presented here assume that the tariff will be the same as the current tariff for non-ACP bananas within quotas A and B, i.e. 75 Euro per tonne. Under this hypothesis, EC banana imports would increase by some 350,000 tonnes in 2006 from 2005. They would reach about 3.9 million tonnes in 2010, i.e. a 20 percent increase over the decade.

The depressed import prices in the EC would bring world prices down by some 7 per cent in 2006, while the quantities traded internationally would increase by some 4 per cent. As a result, the total value of the world banana trade is expected to contract by about 2.5 per cent in 2006. Other scenarios with different EC tariffs are examined in section 3.

b2) Developing countries

This group of countries shows the highest projected growth in imports. **East Asian developing countries** are projected to have the strongest growth with an annual rate of 5.7 percent. This is particularly the case for **China**, where rising population and incomes combined with China's entry into the WTO are expected to foster banana imports. Overall, East Asian imports are expected to exceed 1.2 million tonnes in 2010 (+73 percent over the decade), and prices would increase between 1 and 2 percent per annum.

In the **Middle East**, banana imports are projected to rise by over 50 percent to exceed 900,000 tonnes in 2010, mainly due to demographic growth and price decrease. In **Latin**

America, import growth is projected to be moderate due to the economic crisis in Argentina, the largest importing country, and its effects on neighbouring countries. Imports are expected to decrease in the short run and start to rise again, though at a moderate rate, from 2004. Total growth would be about 12 percent over the decade. Import prices are expected to decrease initially and then rise at a very slow rate, reflecting the economic recovery of the region.

b3) Economies in transition

Imports into countries of **Central and Eastern Europe** are projected to rise by 22 percent to almost 700,000 tonnes in 2010. Similar results are projected for the **countries of the former Soviet Union**, where imports would expand at a slightly higher rate to over 700,000 tonnes in 2010. In both cases, the population is expected to remain almost constant. The relatively high annual growth of 2 percent can be explained by rising incomes and slightly decreasing banana prices.

3. BANANA PRICES

The projected variations in export and import prices has already been discussed on a country-by-country basis in the previous two sections. This section summarizes the main trends in prices until 2010.

World banana prices, computed as annual unit value of world imports, are expected to decrease by about 1.5 per cent per annum between 2000 and 2010. The rate predicted is smaller than the 3.5 percent annual decrease observed during the 1990s. Import prices are expected to continue converging across regions as they have done in the past 25 years (see fig. 3).

The average decrease in banana prices forecast by the model conceals important variations in regional import prices. Firstly, import prices in high value markets such as Japan and non-EC western European countries are expected to decrease at rates faster than average due to increased imports in near-saturation markets. Prices in the United States, Eastern Europe, former USSR countries and the Middle East are expected to remain approximately constant, while those in the EC and South America would experience phases of growth and fall for reasons already explained in section 2.

4. IMPACT OF THE TARIFF LEVEL IN THE EC AFTER 2006 ON QUANTITIES AND PRICES

The European Commission has repeatedly stated that it would move away from a quota system to a tariff-only system by 2006 at the latest. This section examines the incidence of the level of the tariff adopted in 2006 on international trade in bananas and banana prices. It is assumed that bananas exported from ACP countries will continue to enjoy duty-free access to the EC market. The outcomes of the various scenarios are displayed in Table 3.

Scenario 1: EC tariff on imported bananas of 75 Euro per tonne

According to the model, if the tariff imposed on non-ACP bananas after 2006 were 75 Euro/tonnes imports into the EC would soar by more than 340,000 tonnes to over 3.7 million tonnes (11 percent). Prices in the EC would fall by 20 percent to US\$ 580 per tonne (see fig. 5). The fact that the percentage change of prices would be greater than that of imports reflects the low price elasticity of demand in the EC (0.4 percent). After this initial surge, imports would increase at a more moderate rate from 2007 on (see fig. 4). In the mean time, prices would remain relatively stable after their sudden drop in 2006. In 2010, EC imports would reach some 3.9 million tonnes while prices would stand at slightly above US\$ 600 per tonne.

The model projects that world imports would increase to some 12.9 million tonnes in 2006, up 4 percent from their level in 2005. They would reach about 14 million tonnes in 2010.

Scenario 2: EC tariff on imported bananas of 200 Euro per tonne

The model projects that with a tariff of Euro 200 per tonne, EC banana imports would increase by some 3 percent to between 3.5 and 3.6 million tonnes in 2006. Prices in the EC would decrease by 10 percent to US\$ 660 per tonne. From 2007 EC imports would increase at a moderate rate to reach 3.7 million tonnes in 2010. EC imports prices would remain relatively stable at slightly over US\$ 680 per tonne then. World imports in 2006 would increase by 2 to 3 percent from their volume of the previous year.

Scenario 3: EC tariff on imported bananas of 300 Euro per tonne

According to the model, banana imports under a tariff of Euro 300 per tonne would remain almost unchanged in the EC in 2006. They would slightly expand in subsequent years in the wake of rising population and incomes, reaching almost 3.6 million tonnes in 2010.

Prices in the EC would decrease marginally (1 percent) to US\$ 730 per tonne in 2006. They would remain almost constant in subsequent years, averaging US\$ 730 per tonne at the end of the decade.

World imports would slightly increase (about 2 percent) in 2006. They would rise moderately in subsequent years to reach approximately 13.6 million tonnes in 2010.

APPENDIX

Table 1									
Projected exports (000 tonnes) with 5% shrinkage added (table used									
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Ecuador	3,875	3,974	4,050	4,179	4,287	4,401	4,678	4,820	4,968
Costa Rica	1,945	1,977	2,010	2,052	2,080	2,107	2,223	2,262	2,302
Colombia	1,599	1,625	1,651	1,686	1,705	1,725	1,836	1,866	1,897
O.Dollar	1,802	1,794	1,778	1,780	1,768	1,757	1,822	1,818	1,815
Caribbean	372	360	347	335	327	320	292	283	275
Africa	455	454	452	448	452	455	428	428	428
Philippines	1,415	1,452	1,492	1,536	1,581	1,628	1,676	1,727	1,779
Total exports	12,037	12,209	12,350	12,590	12,774	12,967	13,505	13,755	14,013
Annual growth (%)		1	1	2	1	2	4	2	2

Table 2 Projected imports 2000-2010 (thousand metric tonnes)

Importers	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
USA	3,668	3,696	3,721	3,766	3,817	3,868	3,920	3,974	4,028
Canada	411	415	418	423	429	435	440	447	453
South America	525	525	492	497	505	518	531	544	557
European Union	3,251	3,291	3,335	3,403	3,403	3,403	3,768	3,813	3,859
Other W. European	144	146	148	151	153	155	158	160	163
Eastern Europe	555	565	576	587	599	611	624	636	649
RUSSIA	588	603	616	628	641	654	667	681	695
Middle East	607	632	658	687	717	748	779	813	848
Japan	976	986	997	1,008	1,019	1,030	1,041	1,052	1,063
Other Asian	739	776	819	867	918	971	1,027	1,087	1,149
Total imports	11,464	11,637	11,780	12,017	12,200	12,392	12,954	13,205	13,464
Annual growth (%)		2	1	2	2	2	5	2	2

Table 3: Projected impact of different EU tariff scenarios from 2006 on EU imports and world banana trade ('000 tonnes).

Year	2005	2006	2006	2006	2010
EU tariffs (US\$/t)	Quota + 75	75	200	300	300
EU Imports ('000 tonnes)	3,403	3,768	3,520	3,447	3,610
% variation 2005/2006	0	11	3	1	
World Trade	12,392	12,965	12,710	12,635	13,662

Projected impact of different EU tariff scenarios on EU banana import prices.

Year	2005	2006	2006	2006	2010
EU tariffs (US\$/t)	Quota + 75	75	200	300	300
EU Import Price (US\$/t)	731	583	661	723	729
% variation 2005/2006	0	-20	-10	-1	

Evolution of imports into the EU ('000 tonnes) under different tariff scenarios (US\$/t)

Year	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Tariff = 75	3251	3291	3335	3403	3403	3403	3768	3,813	3,859	3,904	3,955
Tariff = 200	3251	3291	3335	3403	3403	3403	3,520	3,624	3,667	3,711	3,756
Tariff = 300	3251	3291	3335	3403	3403	3403	3,447	3,485	3,526	3,568	3,610

Evolution of import prices in the EU (US\$/t) under different tariff scenarios (US\$/t)

Year	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2,007	2,008	2,009	2,010
Tariff = 75	736	726	712	693	712	731	583	582	582	581	580
Tariff = 200	736	726	712	693	712	731	661	661	661	661	660
Tariff = 300	736	726	712	693	712	731	723	729	729	729	729

NOTA

1. This result is built in the partial equilibrium model. The model calculates the prices that lead to market clearance,

i.e. world exports equal world imports for every year of the projections

Bananas en Europa y EUREPGAP: Expectativas de los consumidores

*Kristian Möller**

1



2



3



4



5

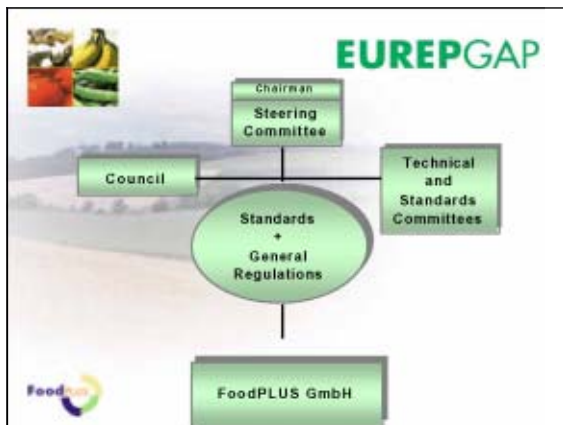


6



* EUREPGAP, Alemania

7



8



9



10



11



12



13



EUREPGAP
Protocol sections

1. Traceability
2. Record-Keeping
3. Varieties and Rootstocks
4. Site history and Site Management
5. Soil and Substrate Management
6. Fertilizer Usage
7. Irrigation
8. Crop Protection
9. Harvesting
10. Post-Harvest Treatments
11. Waste and Pollution Management, Re-cycling and Re-use
12. Worker Health, Safety and Welfare
13. Environmental Issues
14. Complaint form
15. Internal Audit

Foodnet

14



EUREPGAP
Partnership 2001 plus

ACCREDITED

ISO Guide 65
(= EN 45011)

Foodnet

15



EUREPGAP
Fresh Produce
Traceability Guidelines

TRAUBERZ
TRAUBEN

Foodnet

16



EUREPGAP
Approval

recommendation level
compliance with **SHOULDs**

95% compliance with
remaining **minor MUSTs**

100% compliance with
major MUSTs

grower registration
number

Notification to
business partners

EUREPGAP
approved

Foodnet

17



How to get EUREPGAP Approval?

ISO 9001, ISO 14001, HACCP, GMP, BRC, IFS, FSC, etc.

EUREPGAP Certificates

Single Growers, Group of Growers

Recognised Schemes

Foodnet

18



EUREPGAP
Benchmarking

Check List of Applicant Scheme (English Translation)

Check List of Applicant Scheme (Original Language)

Assessment Equivalent

Section	Applicant Scheme	Applicant Scheme (English Translation)	Applicant Scheme (Original Language)	Assessment Equivalent
1.1	...	...	...	...
2.1	...	...	...	...
10.1	...	...	...	...

Foodnet

19



EUREPGAP

Moving forward in Partnership



Problems with legislation!

Food for People

Slide 3

20



EUREPGAP

Moving forward in Partnership



Problems with legislation!
We helped solving them

Food for People

Slide 4

21



www.eurep.org

EUREPGAP
The Global Partnership for Safe and Sustainable Agriculture

Home Members • Background
Supplier Members • Background
Associate Members • Events
Agreements • Certification
Schemes • Technical and
Standards • Guidelines

Food for People

Slide 5

22



EUREPGAP

Moving forward in Partnership



Attendee
EUREPGAP
Training Course

Officially recognised Trainer

Train the Trainer
Seminars!

Food for People

Slide 6

23



EUREPGAP

Status

- Major production areas have committed themselves to EUREPGAP
- First growers have achieved certificates
- Large schemes to come in 2003 via benchmarking

Food for People

24



EUREPGAP

Near Future

- Data base will identify certificate holders
- Traceability becomes key
- All chain certification in preparation

Food for People

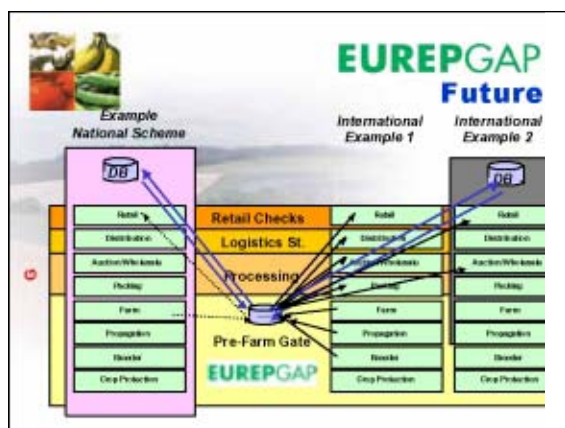
25



26



27



28



Situación de la agroindustria de plátano en la zona central cafetera colombiana

Situation of the agroindustry of plantain in the central coffee zone of colombia

Arcila P., M. I.

RESUMEN

Teniendo en cuenta el desarrollo Agroindustrial del Plátano en el Quindío y en la zona cafetera central, se ha desarrollado un monitoreo de las industrias durante los últimos cuatro años, realizando visitas, aplicando encuestas y haciéndole seguimiento a los diferentes procesos. El número de industrias ha crecido, con tendencias a aumentar, actualmente existen alrededor de 30 industrias y cinco en proceso de constitución, el tipo de procesamiento mas común son los snacks (maduro y verde), le siguen los precocidos y las harinas. Las fábricas demandan plátanos de Dominico Hartón de diferentes calidades según el proceso, primando los provenientes de clima cálido y en un estado avanzado de cosecha ("hecho"). Los industriales han pasado de aplicar formas artesanales de procesamiento a una mediana mecanización, tienen bajo control de la calidad, la materia prima disponible es muy heterogénea y al interior de los procesos hay poca estandarización de los procedimientos para la obtención de los productos. Actualmente, las industrias por problemas de mercadeo interno, están buscando exportar hacia Europa y Estados Unidos.

Palabras claves: Poscosecha, Industrialización, Transformación de Plátano

ABSTRACT

Considering the agroindustrial development of plantain in Quindío and the central coffee zone, a monitoring was developed of the industry during the last four years, the number of industries has grown, at present exist around 30 industries and 5 in the process of constitution, the type of processing most frequent are the snacks (ripe and green), followed by precooking and flour. The factories demand Dominico-Hartón plantains of different qualities according to the process, favoring those that come from hot climates and in an advanced state of harvest or full grown. The industrials have passed from using rudimentary forms of processing to a median mechanization, have low quality control, the available inputs are very heterogeneous and the process have low standardization of the procedures for obtaining the products. At present, the industries because of problems of the local market, are trying to export to Europe and the United States.

Index words: postharvest, industrialization, plantain transformation.

INTRODUCCIÓN

La planificación de la investigación y generación de tecnología en poscosecha y transformación de plátano obedece a procesos de concertación con los actores de toda la cadena productiva tanto en la producción primaria como en la comercialización. En el proceso de mercadeo de plátano en Colombia, ha predominado la comercialización en fresco, por racimos en su mayoría y en un bajo porcentaje, en manos y en frutos; im-

niéndose la venta por kilo. Con los cambios en los hábitos socio-culturales de la población se ha incrementado el consumo de comidas rápidas donde el plátano transformado ha tenido una demanda creciente. El desarrollo industrial del plátano en la región cafetera es poco conocido a nivel nacional y no ha sido cuantificado. La Corporación Colombia Internacional, CCI (2000), reportó para el año 1996, una demanda creciente industrial de plátano en Bogotá de 2930 t, 2015 t en el Valle. El

* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, apartado aéreo 1807, telefax (576) 7496331, E-mail: corpoarm@epm.net.co Armenia, Quindío, Colombia.

desarrollo del presente trabajo tiene por objetivo cuantificar las industrias de plátano, conocer las formas de transformación más comunes e identificar los problemas tecnológicos que afrontan los industriales de plátano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Desde el año 1998, se ha venido realizando un inventario agroindustrial de Plátano en la zona cafetera central. Para ello se visitaron y aplicaron encuestas, en las cuales, se identificaron las empresas, se investigó sobre la demanda y la calidad de la materia prima requerida, se estimaron los volúmenes actuales y potenciales de procesamiento, se determinaron los productos elaborados más comunes, la tecnología de procesamiento, junto con los limitantes que afrontan los industriales, la generación de empleo y la disposición de desechos. La información se consignó y se analizó.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización Agroindustrial

En la zona central cafetera Colombiana que comprende los departamentos Quindío, Caldas, Risaralda y zonas del Norte del Valle del Cauca y del Tolima, actualmente se cuenta con 30 industrias de plátano establecidas, pequeñas y medianas que transforman el plátano en diferentes niveles (II y III), el 80 % de las empresas medias trabajan al 60 % de la capacidad instalada.

En el Quindío se concentran la mayoría de las industrias (20), se procesan aproximadamente 800 t/año que corresponden al 30% de la producción departamental y potencialmente se podrían procesar 400 t más con la infraestructura disponible. La variedad de plátano más utilizada en la transformación es Dominico Hartón, seguida por el comino o pompo (fritura verde), el Dominico y eventualmente el Guineo (Banano); la calidad de plátano requerida obedece a características tanto externas (tamaño y peso) como internas (composición química) del fruto y al origen del material, en la mayoría de los casos se tiene preferencia por materia prima (Dominico Hartón) producida en zonas desde 1000 a 1500 m.s.n.m., el cual debe provenir de zonas cálidas; el tamaño de fruto requerido varía entre 260 g y 500 g de peso y debe estar totalmente «hecho» de 120 a 140 días después de floración

(16 a 18 semanas) y en algunas industrias exigen frutos de 16 cm de longitud interna; los requerimientos de calidad varían para cada empresa y proceso. Los estados de maduración demandados varían de acuerdo al tipo de proceso, predominando el plátano verde bien sazonado “hecho”, el pintón y el maduro; los precios pagados al productor por kilo (a Diciembre del 2001) fluctuaron desde \$200 hasta \$350 (Abril 2002). La materia prima que provee estas industrias proviene del eje cafetero principalmente del Quindío, Caldas y Risaralda. La maduración del plátano para los diferentes procesos se hace al natural o con la aplicación de madurantes como el etileno ó carburo (Tabla 1).

Tabla 1. Agroindustrias de plátano en el eje cafetero años 2000 –2001

Tipo de proceso	Industrias (%)	Variedad	Calidad requerida
Snacks de Plátano verde	30	Dominico Hartón Comino	1 ^a 2 ^a
Snacks de Plátano maduro	50	Dominico Hartón	1 ^a 2 ^a 3 ^a
Precocidos (Patacón, tostones) Aborrajado	7	Dominico Hartón	1 ^a 2 ^a 3 ^a
Harinas	7	Dominico Hartón Guineo	3 ^a
Semiprocados y Maduración	6	Dominico Hartón	1 ^a 2 ^a
1 ^a Plátanos mayores a 350 g de peso 2 ^a Plátanos entre 250 y 350 g de peso 3 ^a Plátanos > 200 g de peso			

Los productos derivados de la agroindustria son comercializados en el mercado nacional en Cali, Bogotá, Medellín y ciudades intermedias; un bajo porcentaje es exportado a Europa, México y Brasil.

Entre las problemáticas emitidas por los empresarios se detectaron:

- Hay baja disponibilidad de la materia prima en la calidad y variedad requerida y tiene un comportamiento en la maduración muy heterogéneo
- Existen problemas de mercadeo (altos costos de materia prima y bajo precio del producto final

- con poco margen de utilidad)
- La mayoría de la mano de obra disponible no es calificada
- Los comerciantes y/o los industriales no poseen infraestructura de refrigeración (cadena de frío) para la distribución de determinados productos (precongelados), lo cual afecta la calidad final e incrementa las pérdidas y limita el mercadeo.
- En la mayoría de las agroindustrias, el nivel de tecnología ha pasado de ser artesanal a tener una mediana mecanización, con escaso control y aseguramiento de la calidad
- Es necesario explorar otras variedades de plátano en procesos industriales
- Hace falta la generación de opciones de utilización e industrialización de deshechos, para dar valor agregado.
- Es escasa la agremiación de industriales para buscar otras alternativas de mercado (Exportación)
- Hace falta articular la transformación con la producción primaria, principalmente porque hacia el futuro se requieren técnicas de producción limpia

Estas empresas generan en promedio alrededor de 70 empleos diarios permanentes. El mayor producto de deshecho son las cáscaras, las cuales, son regaladas ó vendidas a bajo costo para alimentación de ganado bovino, caballos y porcinos; existe inquietud por algunos industriales de darle valor agregado a éstos deshechos para evitar riesgos de contaminación en las plantas.

Formas de procesamiento

Los tipos de procesamiento más comunes y en orden de importancia son las frituras (para la cual se utiliza el plátano maduro de 28 a 30°Brix ó el plátano verde con 5 a 8°Brix; los precocidos (patacón prefrito congelado, los tostones); los semiprocados (plátano pelado y empacado al vacío, tajada madura congelada y aborrajado) y en menor proporción la producción de harina. La vida útil de los plátanos, mediante la transformación se ha logrado prolongar en los semiprocados (precongelados) 15 días, en las frituras y precocidos 3 meses y en las harinas de 6 a 9 meses. En el cuadro 1, se describe el procedimiento general para la obtención de cada producto.

Cuadro 1. Algunos procesos en la Industrialización del Plátano		
Frituras (tajada verde y madura)	Patacón Prefrito y congelado	Elaboración de Harina
Plátano verde ó maduro fresco	Plátano verde fresco	Plátano verde fresco
↓	↓	↓
Selección	Selección	Selección
↓	↓	↓
Lavado y Desinfección	Lavado	Lavado
↓	↓	↓
Desmanchado	Pelado	Pelado
↓	↓	↓
Pelado	Troceado (2.5 cm ancho)	Tajado
↓	↓	↓
Tajado (1 a 1.5 mm)	Fritura (150 °C, 3 min)	Tratamiento enzimático
↓	↓	↓
Fritura (150 °C, 5-6 min)	Prensado	Secado
↓	↓	↓
Empaque	Empaque	Molienda
	↓	↓
	Congelado (-10°C)	Fortificación
		↓
		Empaque

Entre los problemas en la tecnología de procesamiento por las grandes industrias fueron:

- Falta generación de tecnología en poscosecha para conservar plátano en diferentes estados de maduración
- Falta estandarizar los procedimientos en la elaboración de productos
- Alta presencia de plátanos afectados por la enfermedad conocida como Mal de cigarro (Quindío y Risaralda)
- Proceso de pelado del plátano en estado verde es manual y costoso (No se ha mecanizado)
- Alta variabilidad en la materia prima, baja caracterización de ésta por los proveedores
- Falta definir tiempos y temperaturas de freído
- Falta determinar el nivel de absorción de aceite para cada proceso
- Desarrollar formas de reutilizar el aceite (el aceite se torna oscuro en la elaboración de snacks verdes)
- Definir el efecto de los sentidos del corte en la textura final del producto
- Estandarizar el calibre ó grosor de las hojuelas en el corte
- Se detectan pérdidas de sabor y cambios en la textura y color de los snacks en algunos casos
- Es necesario generar tecnología para el desarrollo de nuevos productos
- Definir épocas de cosecha vs. calidad organoléptica de productos transformados
- Falta desarrollar pruebas de envejecimiento por producto
- Bajo control y aseguramiento de la calidad en cada proceso
- Falta el desarrollo de marca propia para algunas industrias
- Hace falta investigar los empaques.

Existe una gran expectativa por parte de todas las instituciones y asociaciones de productores para fortalecer el desarrollo agroindustrial del plátano en el eje cafetero e incluso se están buscando nichos de mercados internacionales para el plátano transformado, por tener el plátano producido en la zona cafetera unas cualidades externas e internas óptimas.

CONCLUSIONES

En la región cafetera central Colombiana existen aproximadamente 30 industrias de plátano, las cuales tienen un gran potencial de desarrollo para el mejoramiento socio-económico de la región, por la apertura de nuevos mercados, generación de empleo, ingresos y divisas.

Los procesos mas comunes son los snacks de plátano verde y maduro, los precocidos, precongelados y harinas, siendo la variedad Dominico hartón la mas utilizada.

RECONOCIMIENTOS

El autor del presente estudio agradece a Corpoica y a las industrias de plátano del eje cafetero, el apoyo dado para el desarrollo del mismo.

LITERATURA CITADA

(CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL, CO) CCI. 2000. Acuerdo de competitividad de la cadena productiva del plátano en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Santafé de Bogotá, Colombia. 61p.

Reutilización de soluciones concentradas utilizadas en deshidratación-impregnación por inmersión (D.I.I.) de plátano maduro (*Musa Paradisiaca* L.)

Reutilization of concentrated solutions used in dehydration – impregnation by immersion (DII) of riped plantain (*Musa Paradisiaca* L.)

L. Lemos*, A. Díaz*, A. Rodríguez*

RESUMEN

El interés de usar la técnica de D.I.I. para la transformación de alimentos puede verse favorecido si se reutilizan las soluciones. Estas no se deterioran completamente y es posible usarlas de nuevo. Con este fin se estudió su reutilización sobre rodajas de plátano maduro de la variedad Dominico-hartón, midiendo propiedades físico-químicas como: contenido de humedad, turbiedad, pH y color. La parte experimental se realizó utilizando un diseño de bloques aleatorios con concentraciones de 45 y 60 ° Brix y una solución saturada sacarosa-glucosa-maltodextrina, variando el último compuesto en cuatro niveles (0, 5, 10 y 15%).

La composición de la solución concentrada que mejor se comportó fue de 67.5% sacarosa, 17.5% glucosa y 15% maltodextrina, la cual se usó a 50 °C y 60° Brix, con la cual se obtuvo una pérdida de agua de 51.3%. Los resultados muestran que las soluciones concentradas pueden ser regeneradas a condiciones iniciales hasta diez (10) veces, antes de cambiar su turbiedad y su color significativamente.

ABSTRACT

The interest of using the technology of DII to transform foods can be seen favourable if the solutions are reutilized. They do not deteriorate completely and can be used again. With this purpose their reutilization was studied on chips of riped plantain (variety Dominico harton), where measurements of moisture content, turbidity, pH and color were made. The experimental work was set up using a completely randomized design with concentrations of the solutions of 45 y 60 ° Brix composed of sucrose – glucose – maltodextrin, with variation of the maltodextrin at four levels (0, 5, 10 y 15% of the total solutes).

The solution which performed the best had 60 °Brix and 50 °C, with a distribution of the solutes of 67.5 % of sucrose, 17.5% of glucose and 15% of maltodextrin. With this solution the product lost 51.3% of water. The results showed that the solutions can be regenerated up to ten times, before they had significant changes in turbidity and color.

INTRODUCCIÓN

La deshidratación e impregnación por inmersión DII es un método que permite obtener productos de humedad intermedia, con una muy buena calidad organoléptica. Se basa en la utilización de una solución de alta presión osmótica que al entrar en contacto con un producto le extrae el agua, que sale para solubilizar el soluto presente en la solución externa. La pérdida de agua está acompañada generalmente por impregnación del alimento con soluto, el cual tiene una velocidad de transferencia que es función de su masa molar

(Raoult-Wack, 1994). Este es un método eficiente de extracción de agua para disminuir la disponibilidad, como pueden ser la criop congelación, la evaporación, el secado con aire caliente, la liofilización, entre otros. La técnica de DII, combinada con técnicas de deshidratación permite obtener productos estables con características sensoriales muy ventajosas.

En condiciones óptimas (vacío, temperaturas moderadas, agitación) la DII permite extraer hasta el 70% del agua del producto, conservando las propiedades nutricionales y organolépticas. Las

* Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería de Alimentos, Apartado aéreo 25360, Cali, Valle del Cauca, Colombia. Tel: (057)(2) 3212277; Fax: (057)(2) 3307285; E-mail: aldiaz@mafalda.univalle.edu.co

condiciones de trabajo más frecuentemente usadas en la deshidratación osmótica de frutas y vegetales son 60 a 75 g de soluto por 100 g de solución deshidratante, una relación de peso entre la solución y el producto a deshidratar de 3:1 a 5:1, agitación, temperatura moderada (30-50°C) y entre 90 y 240 minutos (Torreggiani, 1993 ; Raoult-Wack, 1994).

La solución que se utiliza para la DII puede ser reconcentrada a sus condiciones iniciales para su reutilización varias veces. Esta reconcentración puede efectuarse mediante la nueva adición de solutos (Pointing, 1973; Levi *et al.*, 1983; Giroux, 1992); mediante filtración del jarabe después de cada ósmosis y posterior concentración por evaporación al vacío (Bongirwar y Sreenivasan, 1977; Bolin *et al.*, 1983; Jayaraman, 1999).

Los jarabes usados y resultantes de la deshidratación osmótica pueden ser utilizados como ingredientes de otros productos, puesto que los aromas y sabores propios de las frutas son atrapados y estabilizados por los compuestos concentrados en el jarabe. Estos se usan como edulcorantes de néctares, yogures, cremas heladas (Bongirwar y Sreenivasan, 1977; Camacho, 1993). Las frutas sumergidas en jarabes reutilizados poseen mejores características sensoriales que las frutas que se deshidratan en jarabes frescos. Un jarabe fresco, además de extraer agua, también atrapa aromas, sabores y colores de la fruta. El jarabe reutilizado con aromas sabores y colores puede aportar estas características a frutas que son deficientes en algunas de estas características. En estos jarabes reutilizados el fenómeno que con mayor fuerza se presenta es la salida de agua de la fruta hacia el jarabe para compensar la presión osmótica que ejerce el jarabe (Camacho, 1997).

Para la DII se utiliza una solución altamente concentrada de solutos usualmente de azúcar y/o sal que causa impregnación de sabores no deseados (demasiado salados o dulces). La incorporación de maltodextrina (almidón modificado con alto peso molecular) como agente osmodeshidratante tiene la ventaja de reducir el impacto de los otros agentes sobre el sabor principalmente y su utilización aumentó la capacidad deshidratadora del jarabe en un 23 %.

El trabajo tenía dos objetivos: encontrar la solución deshidratante más eficiente, entendida como aquella con la que se alcanzara la mayor

pérdida de agua en las rodajas de plátano maduro y evaluar el comportamiento de soluciones reutilizadas cada vez regeneradas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de las tajadas de plátano

Se utilizó plátano maduro entre 28 y 30 °Brix, variedad Dominico-hartón, conservado a temperatura ambiente. Su corteza fue retirada manualmente con cuchillo de acero inoxidable y luego fueron cortadas rodajas transversales al eje con un espesor de 2mm, usando una máquina tajadora (Hobba Scoot CI modelo F200). El contenido de humedad se determinó por secado en estufa a 102 °C, por 24 horas hasta peso constante, según el método de la AOAC (1984).

Solución deshidratante

La solución fue preparada a temperatura ambiente, a partir de una mezcla de solutos (67.5% sacarosa comercial. 17.5% glucosa líquida y 15% de maltodextrina en polvo con un índice de dextrosa de 10) y agua. Después de cada reutilización la solución fue ajustada eliminando el volumen de solución aportado por el agua de la fruta y agregando en forma sólida los ingredientes para la reconcentración de la solución.

Deshidratación por inmersión

Se sumergieron las rodajas de plátano en la solución deshidratante y se tomaron muestras desde el tiempo cero hasta dos horas en intervalos de 15 minutos. A las muestras tomadas se les determinó la humedad, la cantidad de sólidos solubles antes y después de la deshidratación con un refractómetro ATAGO con escala de 0 a 90 °Brix. Después de cada deshidratación se tomó una muestra de 60 ml de solución y se determinó : azúcares reductores por el método de Fehling, color en un colorímetro Vega 400, turbidez en un turbidímetro HACH modelo 2100^a, pH en un phmetro-Schoot Gerate CG818.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó un plan de experiencias conformado por 8 tratamientos y 4 bloques; se dividió en dos grupos. Uno con un jarabe a 45° Brix con 4 niveles de maltodextrina (0, 5, 10 y 15% de

maltodextrina) y el otro grupo a 60° Brix con los mismos niveles para un total de 8 tratamientos distintos. Cada experimento se hizo por triplicado, haciendo una primera utilización del jarabe y posteriormente 3 reutilizaciones con regeneración para un total de 4 bloques, utilizando dos horas por cada experimento de deshidratación. (ver tabla 1).

La temperatura de 50 °C se puede considerar como adecuada porque un aumento a niveles superiores ocasiona daños en la textura y presentación final del producto. A esta temperatura se observa una disminución de la viscosidad del jarabe (no cuantificada), lo cual permite suponer una mayor impregnación. Al incrementar la cantidad de sólidos solubles de 45 a 60 °Brix en el jarabe y al tener una relación másica adecuada de 1 a 5 (relación masa de fruta/masa de jarabe) se genera una mayor diferencia de presión osmótica entre la solución y la fruta, lo que también favorece la transferencia de masa (pérdida de agua y la ganancia de solutos).

Se observa en los ensayos a 60 °Brix que la utilización de maltodextrina tiene una incidencia en el aumento de la deshidratación osmótica. En la tabla 1 se puede observar que la cinética a 60°Brix y 15 % de maltodextrina (tratamiento 8) presenta un mayor porcentaje de deshidratación final, alcanzando una deshidratación promedio de 51.3 % en 3 regeneraciones. Para las soluciones a 60 °Brix con 0, 5 y 10 % el resultado es similar con un grado

confiabilidad del 95%. En el caso de las soluciones a 45 °Brix, ocurrió que el tratamiento 2 (5 % de maltodextrina) presentó el mejor porcentaje de deshidratación promedio (27.58%), es decir, lo contrario a lo que se presentó en la solución más concentrada.

La regeneración del jarabe obtenido, empleado en nuevas deshidrataciones, permite un bajo intercambio de solutos, favoreciendo la estabilidad y la concentración del sabor y del aroma del plátano tratado.

En la gráfica 1 que se presenta a continuación se observa que durante la primera hora se produce un 80 % de pérdida de peso y una disminución del 42,57 % en el contenido de humedad para el plátano sometido a deshidratación osmótica, en un jarabe regenerado por tercera vez, con una concentración de sólidos solubles de 60° Brix y 15 % de maltodextrina. La información gráfica que se presenta permite visualizar tiempos de operación de la técnica de DII aplicada a procesos de deshidratación de plátano maduro.

En la segunda fase donde se requería conocer el comportamiento físico y químico de la solución se realizaron 11 ciclos de deshidratación con reutilización de 11 tandas distintas de rodajas de plátano maduro. Se observó que después de cada ciclo de DII la solución se va diluyendo de 60° Brix hasta 57° Brix.

En la figura 2 se presenta el cambio en el pH

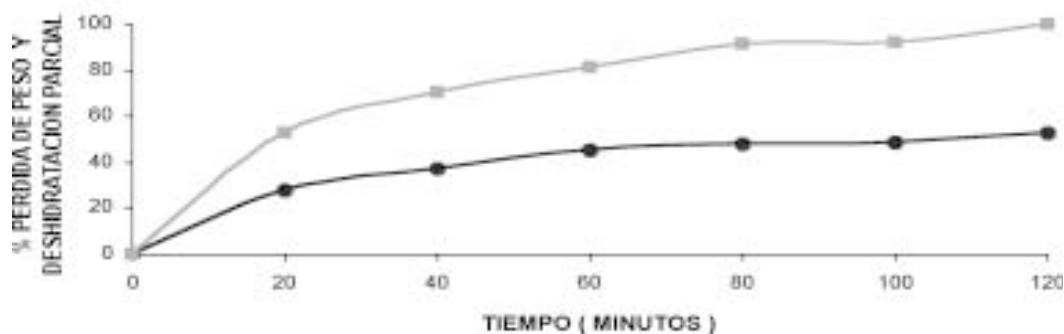
Tabla 1: Deshidratación final con regeneración del jarabe con varios tratamientos.

Número de tratamiento	Solución inicial	1a Reg	2a Reg	3a Reg	Promedio
1- 45° Bx - 0% Maldox	21,54	22,57	20,78	18,34	20,81
2- 45° Bx - 5% Maldox	33,16	28,79	22,30	25,91	27,57
3- 45° Bx - 10% Maldox	21,72	26,23	16,89	17,05	20,47
4- 45° Bx - 15% Maldox	23,33	23,99	16,32	19,96	20,90
5- 60° Bx- 0% Maldox	42,82	40,37	38,02	36,59	39,45
6- 60° Bx- 5% Maldox	43,15	40,51	40,83	40,24	41,18
7- 60° Bx- 10% Maldox	42,02	39,50	37,30	38,62	39,36
8- 60° Bx- 15% Maldox	47,07	55,82	49,59	52,70	51,30

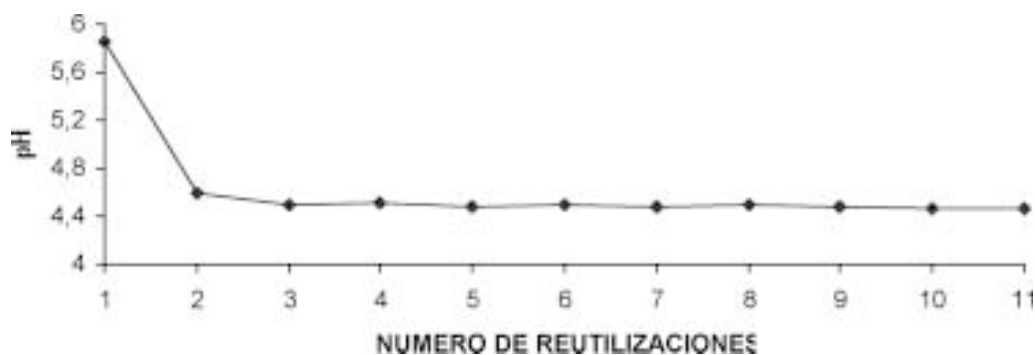
Maldox = contenido de maltodextrina (%).

Reg = regeneración de la solución

Gráfica 1. Evolución de la pérdida de peso de rodajas de plátano maduro sometido a DII.



Gráfica 2 . Evolución del ph- en un jarabe de 60 °Brix reutilizado 11 veces en la dii de platanu maduro.



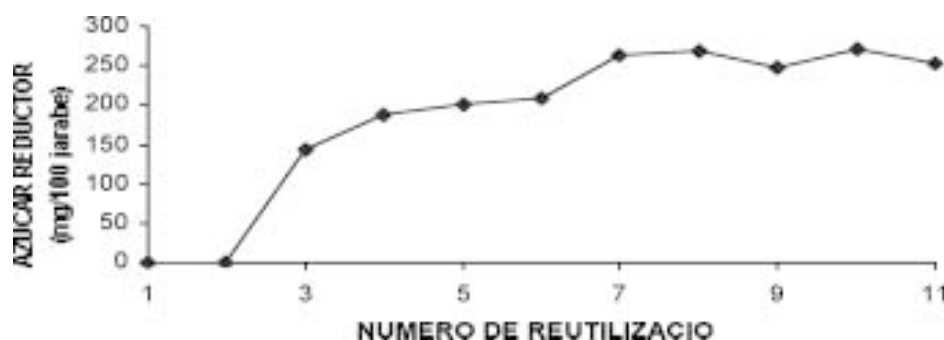
en el curso de los 11 sucesivos ciclos de DII con rodajas de plátano, para 22 horas de uso de la solución, con una duración por ciclo de 120 minutos. El pH presenta modificaciones solo en los dos primeros ciclos y luego el jarabe alcanza el mismo pH de la fruta hasta el final (pH= 4.48).

La evolución de azúcares reductores en la solución se presenta en la figura 3. Esta figura muestra que al inicio de la DII los contenidos de azúcares reductores son no detectables para soluciones diluidas al 1% de jarabe en 110 ml de agua, pero luego de la segunda reutilización se presenta un incremento casi continuo en estos azúcares hasta la décima reutilización, donde la curva creciente tiende a estabilizarse. Este resultado confirma que el contenido de azúcares reductores presentes en la solución en el curso de las reutilizaciones esta-

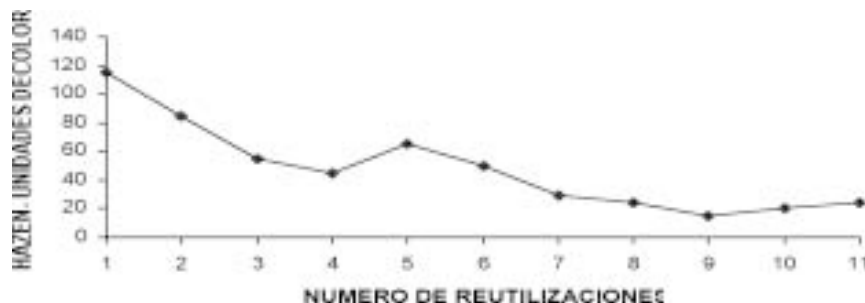
rá gobernada por las características de la fruta y no por las reacciones de hidrólisis ácida o enzimáticas (Valdez Fragoso *et al.*, 1997).

Cuando se evalúa el cambio de color y turbiedad (gráficas 4 y 5) es necesario anotar que la presencia de la maltodextrina en la solución osmodeshidratante, proporciona a la misma un color blanquecino turbio. En las mediciones de color y turbiedad se registran valores de 115 Hazen y 320 NTU para la primera utilización, luego estos valores decrecen hasta la décima reutilización. Un ablandamiento de las rodajas de plátano se produce durante la deshidratación y aparecen en el jarabe pequeñas partículas, que afectan las medidas de color y turbiedad y a partir de ese momento los valores de color y turbiedad comienzan a aumentar.

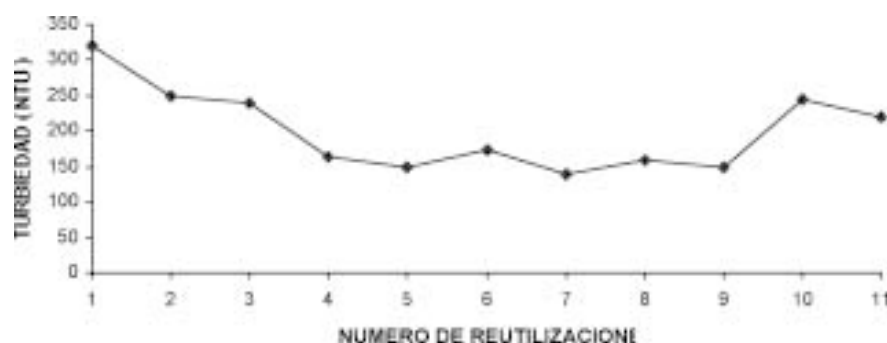
Grafica 3. Contenido de azúcares reductores en un jarabe A 60 °Brix reutilizado 11 veces en dii de platano maduro.



Gráfica 4. Variación del color del jarabe a 60° Brix reutilizado 11 veces en la dii de platano maduro.



Grafica 5. Turbiedad en el jarabe a 60° Brix reutilizado 11 veces en la dii de platano maduro.



CONCLUSIONES

Es posible emplear la técnica de DII para reducir la humedad de rodajas de plátano maduro y también como pretratamiento para operaciones de deshidratación posteriores. La utilización de maltodextrina como uno de los agentes osmóticos de la mezcla incrementa la capacidad de deshidra-

tación osmótica del jarabe en un 23%.

La solución deshidratante de 60 °Brix preparada a partir de una mezcla de solutos y agua que mejor se comporta, es la que se obtiene con 67.5 % sacarosa comercial, 17.5 % glucosa líquida y 15 % de maltodextrina en polvo con un índice de

dextrosa de 10. Con ella se obtiene una reducción del 51.3 % de humedad en el plátano a 50 °C en dos horas de tratamiento.

El jarabe reutilizado permite un bajo intercambio de solutos favoreciendo la estabilidad y concentración del sabor y aroma de la fruta en este caso el plátano. Los resultados muestran que las soluciones concentradas pueden ser regeneradas a condiciones iniciales hasta diez (10) veces, antes de cambiar su turbiedad y su color significativamente.

Existe un aporte de agua de la fruta hacia el jarabe de 6.2 g/100g de jarabe inicial. Si se consideran como pérdidas por manipulación el valor de 5.4 g/100g de jarabe se obtiene en total un aumento de masa en el jarabe de 0.8g /100 de jarabe.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC, Official methods of analysis (1984). XIV edition. S. Williams (ed). The Association of Official Analytical Chemist.inc. USA.
- BONGIRWAR, D. R., SREEVINIVASAN, A., (1977). Studies on osmotic dehydration of banana. Food Science and Technology, 14 : 104.
- CAMACHO G., HOLGUIN M. S. (1992). Efecto de la reutilización del agente osmodeshidratante en la conservación de mango Tommy Atkins. ICTA. Universidad Nacional de Colombia; tesis de especialización en Tecnología de Alimentos. Santafé de Bogotá.
- CORPOICA (1999). La Deshidratación de Frutas. Métodos y posibilidades. SENA-CORPOICA. Regional 6 : Tolima, Huila, Suroccidente de Cundinamarca. Colombia.
- CORTES G.J.H. (1996). Procedimientos y condiciones de operación para la deshidratación por ósmosis de pitahaya, mango y espárragos. Santafé de Bogotá. Universidad Nacional de Colombia.
- GIROUX, F. (1992). Conception et réalisation d'un Procédé Automatisé de Déshydratation/Imprégnation par Immersion. Ph. D. Tesis de la ENSIA, Massy, Francia.
- LERICE C. R., PEPE M. y PINNAVIA G. (1977). La disidratazione de la fruta mediante osmosi diretta. I. Risultati di esperienze effettuate in laboratorio. Industrie Conserve, LII (2) : 125.
- RIAÑO L.C.E., CORTES G.J.H. (1995). Deshidratación osmótica al vacío de pitahaya y mango. CENICAFE. Colombia.
- RAOULT-WACK A. L. (1994). Recent Advances in the Osmotic Dehydration of Foods Trends Food Science Technology, 5, pag. 255-262.
- TORREGGIANI M. (1993). Osmotic Dehydration in Fruti and Vegetable Processing, Food Res. Int., 26, pag. 59- 68.
- VALDEZ-FRAGOSO A., WELTI-CHANE J., GIROUX F. (1997). Physico-Chemical characteristics of sucrose syrup used for the osmotic dehydration of apples (Golden delicious).
- VALDEZ-FRAGOSO A., WELTI-CHANES J., GIROUX F. (1998). Properties of sucrose solution reused in osmotic dehydration of apples (Golden delicious).

Aceptabilidad por el consumidor de los plátanos África 1 y FHIA 21 en el departamento del Quindío-Colombia

Acceptability for the consumer of plantain África 1 and FHIA 21 in the department of Quindío, Colombia

Arcila P., M. I.

RESUMEN

En el Quindío, entre 1999 y 2000 se evaluó la aceptabilidad organoléptica de los materiales de plátano AFRICA 1 y FHIA 21. Se determinó la rotación del producto en diferentes sitios de venta correspondientes a 3 estratos sociales (alto, medio y bajo) y al grado de aceptabilidad organoléptica de cada cultivar bajo diferentes preparaciones (patacón, sancocho, frijoles, etc.). El plátano AFRICA 1 tuvo buena aceptabilidad (87%) bajo todas las formas de preparación, principalmente como patacón. El plátano FHIA 21 tuvo buen comportamiento (aceptabilidad del 85%) preparado patacón verde y como maduro asado (aborrajado), indicando esto nuevas oportunidades para el cultivo de otras variedades e híbridos de plátano para el mercado local.

Palabras claves: Propiedades organolépticas, Poscosecha, Mercadeo.

ABSTRACT

In the Quindío, between 1999 and 2000 the acceptability "organoléptica" of plantain Africa 1 and Fhia 21 was evaluated. It was determine the rotation of the product in different selling sites correspondent to three social stratum (high, medium and low) and degree of organoléptica acceptability of each cultivar under different menu (patacón, sancocho, frijoles, etc). The plantain Africa 1 had a good acceptability (87%) under all the forms of menu, mainly as "patacón". The plantain Fhia 21 had a good behavior (acceptability of 85%) as a green "patacón" and as a ripe roasted ("aborrajado"), which indicated new opportunities for crops of other varieties and plantain hybrids for the local market.

Index words: Postharvest, marketing, "organolépticas" properties.

I INTRODUCCIÓN

En Colombia la producción anual de plátano es de 2.970.000 t, de las cuales el 95% se consumen en el país, siendo los mayores centros de consumo las plazas locales de producción y las nacionales como Bogotá, Cali y Medellín. El consumo del fruto se realiza principalmente en fresco, con una demanda creciente del producto procesado. Las variedades de plátano más cultivadas son del tipo "French" (Dominico), "False horn" (Dominico Hartón) y "Horn" (Hartón), siendo las más comerciales las dos últimas. Estos cultivares son muy susceptibles a las sigatokas amarilla (*Mycosphaerella musícola*) y a la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*). Ambas enfermedades causan drásticas reducciones en la producción, lo cual trae problemas al productor por los costos de

manejo y al consumidor por el incremento en el valor final del producto. La FHIA (Honduras), a través del programa de mejoramiento genético de las Musáceas, ha producido el plátano híbrido FHIA 21 (AAAB), resistente a la sigatoka negra, los frutos tienen grandes atributos cuando se le prepara frito en tajadas y patacones (FHIA, 1994); este híbrido, en Colombia ha tenido respuestas en producción que varían con el ambiente, dando racimos desde 15 hasta 31 kg de peso (ICA, 1997); se sabe que la aceptabilidad comercial de éste clon para consumo en fresco se logra dejándole 4 ó 5 manos.

Entre los materiales introducidos del Africa está el Mbouroukou No. 1 (Africa 1) que es un tipo "Horn" y bajo condiciones del C.I. El Agrado, Quindío, Colombia produce frutos con un peso promedio de 450 g de peso, este clon en el Valle

* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, apartado aéreo 1807, telefax (576) 7496331, E-mail: corpoarm@epm.net.co Armenia, Quindío, Colombia.

del Cauca, Colombia, ha registrado pesos de racimos entre 13 a 19 kg, muy superiores al clon Hartón que produce racimos en promedio de 11 kg, con la ventaja de tener una amplia adaptación a diferentes altitudes. Evaluaciones sobre la aceptabilidad por el consumidor de ambos materiales se realizaron en Sevilla (Norte del Valle del Cauca), destacándose el FHIA 21 en la preparación de sancocho y el AFRICA 1 en la elaboración de patacón (ICA, 1997). Se desconoce la aceptabilidad de éstos cultivos por parte del consumidor del Quindío y de otras plazas de consumo, los cuales al ser cultivados ofrecen diversas ventajas para un manejo sostenible. El objetivo del presente estudio consistió en medir la aceptabilidad de los plátanos Áfricas y FHIA 21 en el departamento del Quindío.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló entre 1999 y 2000. Los materiales AFRICA 1 y FHIA 21 fueron cultivados en el Centro de investigación "El Agrado", situado en el Municipio de Montenegro, departamento del Quindío, 1310 m.s.n.m., temperatura media anual de 21°C, precipitación anual 1985 mm y humedad relativa media 80%; el suelo del campo experimental es de textura franco arenoso, pH 6, y 5.7% de materia orgánica. Las distancias de siembra utilizadas fueron de 3.5 x 2.0m para el cultivar FHIA 21 y de 3.0 x 2.0m para AFRICA 1. Los racimos de FHIA 21 fueron desmanados a los 20 días después de floración, dejándole las 6 gajas superiores. Los racimos de ambos cultivos fueron cosechados en estado de madurez fisiológica, se acondicionaron en unidades y se lavaron durante 15 minutos en inmersión en alumbre al 1% (Sulfato amónico de aluminio), posteriormente, unos fueron empacados en canastillas plásticas con una capacidad de 20 kg y otros en bolsa de polietileno transparente (dos unidades/bolsa) para ser entregados en los sitios de venta y a los consumidores para su respectiva evaluación: Rotación del producto en fresco y bajo diferentes formas de procesamiento tradicional. La rotación del producto en fresco se desarrolló haciendo tres (3) entregas para su venta con intervalos de cada 30 días, de cada cultivar en diferentes sitios de Armenia: supermercados, tiendas y plazas de mercado correspondientes a tres (3) estratos sociales (alto, medio y bajo); se determinaron

los días en que demoró el producto para ser vendido en cada sitio. La aceptabilidad de cada cultivar bajo diferentes formas de procesamiento se realizó mediante la entrega del producto en estado "hecho", verde (dos unidades) a 120 amas de casa de diferentes barrios de Armenia y de los municipios de Montenegro, La Tebaida y Circasia, aplicando una encuesta y se reunieron 60 conceptos de aceptabilidad por cultivar.

Encuesta para evaluar la aceptabilidad organoléptica de plátanos

Fecha _____ Estrato _____
Cultivar _____
En que forma consumió el producto _____

Pelado	Textura	Color	Sabor	Aceptabilidad general

B= Bueno, R= Regular, M = Malo.

OBSERVACIÓN _____

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aceptabilidad África 1

Rotación del producto

La rotación del plátano fue rápida a nivel de supermercados y demorada a nivel de tiendas. En el caso particular de los plátanos del clon AFRICA 1, la rotación fue de aproximadamente 1.5 días en los supermercados, cerca de 3 días en las plazas de mercado y alrededor de los 7 días en las tiendas, lo cual parece indicar que los frutos de éste clon tienen una buena aceptabilidad por su apariencia externa (Tabla 1). Cabe resaltar que el color pálido de la cáscara de éste fruto desubica un poco al consumidor frente a la forma de preparación, es decir, externamente se muestra pintón cuando realmente sus contenidos de azúcares son muy bajos, correspondiendo a una utilización para sancocho ó fríjoles.

Aceptabilidad organoléptica del plátano AFRICA 1 en diferentes presentaciones

La valoración de las cualidades culinarias y organolépticas de productos elaborados a partir de

Tabla 1. Rotación promedia (días) de frutos de AFRICA 1 en diversos sitios de venta de Armenia, Quindío

Sitio de venta	Estrato	Entrega 1	Entrega 2	Entrega 3	Promedio
Supermercado	4-6	1,3	1,6	2,3	1,7
Tienda	2-3	6	8,6	7,3	7,3
Plaza	2-3	2,5	2,5	3,5	2,8

éste clon se consignó en la Tabla 2. La mayoría de las personas a las cuales se les entregó la muestra para preparar y degustar, lo prepararon en patacón y en un menor porcentaje lo degustaron como sancocho y tajadas fritas del plátano maduro (Figura 1). No se emitió ningún concepto de mala calidad culinaria u organoléptica. Preparado como patacón, tuvo buena calificación en sabor y muy pocos conceptos de regular calidad en textura y en color, ya que al prensar el patacón en algunos casos pierde textura (no se deja moldear) y la pulpa es mas rosada que la pulpa de Dominico Hartón, lo cual coincide con lo reportado en las pruebas de degustación del ICA (1997). En tajada madura a pesar de que se mostró muy blando, tuvo buen sabor y color; en sancocho tuvo buen sabor, textura y color, comportándose un poco mas blando que el Dominico hartón, con la observación de que el sancocho de éstos plátanos da poco espesor. Los

conceptos emitidos en la degustación como plátano maduro asado y en frijoles fueron buenos para todas las propiedades organolépticas evaluadas, coincidiendo con los reportes de la FHIA (1994). La calificación de la aceptabilidad general para éste clon en la mayoría de los casos fué calificado de bueno (87%) y en una minoría de regular (13%), lo cual indica que este clon tiene amplias posibilidades de ser cultivado y vendido en el mercado local.

Aceptabilidad FHIA 21

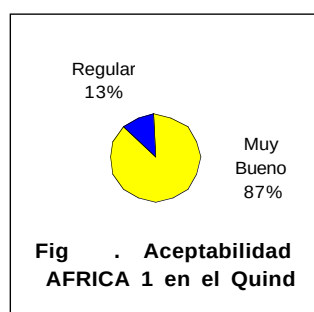
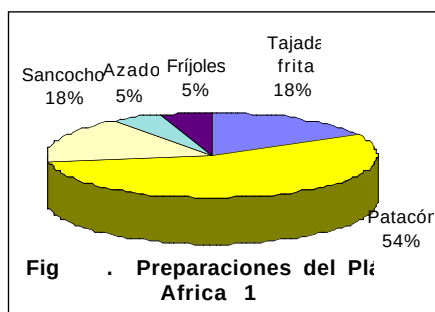
Rotación del producto

Los frutos de FHIA 21 son mas rectos que los de Dominico Hartón y tienen un perímetro menor dando la apariencia de un menor tamaño. El producto tuvo salida en los diferentes sitios de venta. La rotación fué mas rápida en los supermercados

Tabla 2. Evaluación de aceptabilidad del Plátano África 1 en diferentes presentaciones en el Quindío

Presentación	Encuestas (No)	Textura (%)			Color (%)			Sabor (%)		
		B	R	M	B	R	M	B	R	M
Sancocho	11	82	18	-	82	18	-	100	-	-
Patacón	26	77	23	-	81	19	-	100	-	-
Tajada madura frita	11	55	45	-	82	18	-	100	-	-
Asado maduro	6	100	-	-	100	-	-	100	-	-
Frijoles	6	100	-	-	100	-	-	100	-	-
Total	60									

B= Bueno, R= regular, M= Malo



y en las plazas que en las tiendas. Esto indica que por su calidad externa, el fruto de ésta material posee cualidades que motivan su compra (Tabla 3).

Aceptabilidad organoléptica en diferentes presentaciones

La formas más comunes de preparación de los frutos de FHIA 21 fueron en estado verde “hecho” como: patacón ; sancocho y frijoles y en estado maduro : asado : frito y cocido (Figura 3). La evaluación de las características organolépticas en cada una de estas presentaciones (Tabla 4) refleja que cada material posee formas de preparación que varían en sus propiedades culinarias lo cual incide en la aceptabilidad del producto, siendo necesario potenciar el uso de cada clon bajo diversas formas de consumo.

El plátano FHIA 21 preparado como patacón y maduro asado (aborrajado) tuvieron una buena aceptabilidad, se observó que la pulpa se muestra un poco pálida frente al Dominico Hartón ; la tajada madura frita tuvo una aceptabilidad de buena a regular; en frijoles y en sancocho el sabor fue aceptable, la textura y el color fueron calificados como regular (Tabla 4); al respecto, evaluaciones desarrolladas por el ICA (1997) mostraron que FHIA 21 tenía una muy buena aceptación en san-

cocho. Bajo las diversas formas de preparación, el FHIA 21 tuvo una alta aceptabilidad (Figura 4).

CONCLUSIONES

El plátano Africa 1 tuvo alta aceptabilidad (87%) en el mercado local y fue consumido preferencialmente como patacón en estado verde.

El híbrido FHIA 21 fue aceptado satisfactoriamente en un 80%, siendo su mayor utilización en estado verde en sopas y patacón.

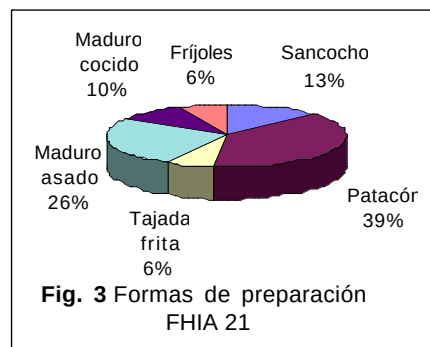
RECONOCIMIENTOS

El autor del presente estudio agradece al Comité de Cafeteros del Quindío por el suministro de la materia prima para el desarrollo del presente estudio.

LITERATURA CITADA

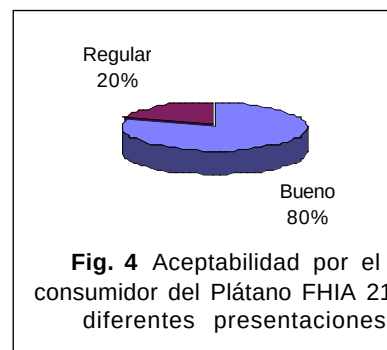
- FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA, FHIA. 1994. Programa de banano y plátano. Informe Técnico. La Lima, Cortés, Honduras. 53p.
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. ICA. 1997. Prevención y manejo de la sigatoka negra. Boletín de Sanidad Vegetal 17. Bogotá, Colombia.

Sitio de venta	Estrato	Entrega 1	Entrega 2	Entrega 3	Promedio
Supermercado	4-6	1,6	1,6	1,8	1,7
Tienda	2-3	7	9	6,3	7,4
Plaza	2-3	4,5	4,5	3,5	4,2



Presentación	Encuestas (No)	Textura (%)			Color (%)			Sabor (%)		
		B	R	M	B	R	M	B	R	M
Sancocho	8	50	50	-	38	50	12	100	-	-
Patacón	24	100	-	-	70	30	-	100	-	-
Tajada frita	4	75	-	25	75	25	-	50	50	-
Maduro asado	16	100	-	-	100	-	-	100	-	-
Frijoles	4	75	-	25	50	50	-	75	25	-
Maduro cocido	4	100	-	-	-	100	-	-	25	75
Total	60									

B= Bueno, R= Regular, M= Malo



Crop Timing Plantation (C.T.P) la respuesta a la demanda del mercado

Crop timing plantation (C.T.P) the response to marketing demands

A. Ronen*, I. Cohen*, R. Rodriguez*

RESUMEN

El uso del sistema Crop Timing Plantation (CTP-GGT®) permitirá al productor programar la cosecha para la época en la cual los precios de venta son altos, permite la reducción de costos de producción con menos mantenimiento, producir fruta de alta calidad y un menor uso de químicos para controlar enfermedades. Este sistema permitirá al productor ser más flexible en cuanto a la toma de decisiones de alto riesgo. El CTP es un sistema basado en una plantación de alta densidad, llegando hasta 3,300 plantas por Hectárea, sembradas en doble hilera para permitir una mejor filtración de luz. Un sistema permanente de riego por goteo o por medio de mini-aspersores es instalado, usando la fertirrigación, para poder garantizar la homogeneidad de la plantación hasta la época de cosecha. Cualquier variedad puede ser utilizada pero se recomienda usar el Williams y Galil-7 como Cavendish y Fhia-21, Fhia-20 y Curare Enano como variedades de Plátano.

ABSTRACT

The use of Crop Timing Plantation (C.T.P) system, would allow the grower to achieve control over marketing season when prices are high, reduce production costs with less maintenance, produce high quality fruit and use less chemicals for disease control. The grower will be more flexible with fewer risks in decision-making. The planting system is done with high density of up to 3,300 plants per Hectare, planted in double row in order to allow better penetration of light. A permanent drip irrigation or micro-sprinklers system is installed, using fertigation as well, so as to guarantee the plantation's homogeneity until harvest. Any variety can be used but it is recommended to plant Williams and Galil-7 as Cavendish and Fhia-21, Fhia-20 and Curare-Enano as for Plantain.

I

INTRODUCCIÓN

Las condiciones del mercado del Banano y Plátano de hoy en día impone cambios en muchos aspectos de la industria, como ser el incremento de la utilidad o mantener a un porcentaje la utilidad.

Viendo el futuro incierto se puede garantizar que la situación va a empeorar. Este es el momento para hacer énfasis en la calidad de la fruta, alta

productividad, bajo costos de producción y en la eficiencia.

En esta presentación se pueden encontrar los aspectos técnicos y prácticos del sistema CTP, seguidos por una comparación entre la siembra tradicional de plantación y el Crop Timing Plantation y concluyendo con los aspectos comerciales y económicos.

* GALILTEC S.A, ZIP Calpules Km 7 Autopista a La Lima, Nave 7, San Pedro Sula, Honduras, C.A. Tel: (504) 5590251; Fax: (504) 5590129; E-mail: tropitec@ggtweb.com

MATERIALES Y MÉTODOS

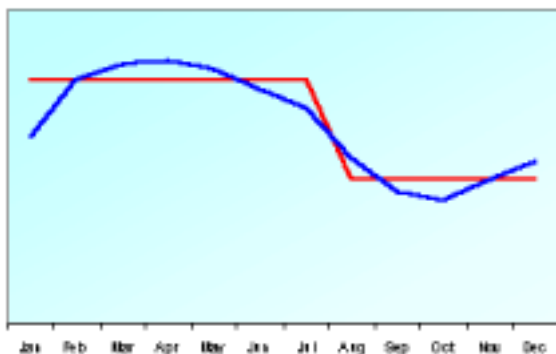
Plantación de Cosecha Programada

Las condiciones del mercado imponen eficiencia:

- Calidad de fruta
 - Alto rendimiento
 - Bajos costos de producción
- CTP-GGT® es la respuesta a estos requerimientos

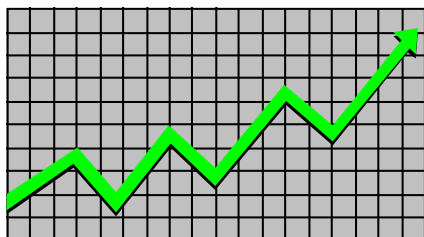
Principales Ventajas - Cosecha Programada, un solo ciclo anual

- Programación de la fecha de cosecha (control sobre la fecha de mercadeo).
 - Alto rendimiento por hectárea
 - Calidad de fruta
 - Cosecha programada (Control sobre la fecha de mercadeo)
- Permite el completo control de las fechas de cosecha, llegando al mercado cuando la demanda y los precios son altos.



Alto rendimiento por hectárea

Cosecha de alrededor de 3000-3500 cajas por hectárea – claramente superior al promedio obtenido mediante el sistema tradicional



Calidad de fruta

- Óptima calidad de fruta
- Dedos largos
- **Racimos compactos, fáciles de transportar**



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ahorro en costos de producción, mantenimiento más fácil

- Ahorro de hasta un 30% en costos de producción
- Ciclo corto de 8 – 9 meses en lugar de 12 con el sistema tradicional.
- Ahorro de hasta un 35% en mano de obra
- Fácil y sencillo – No hay necesidad de ocuparse de las generaciones futuras
- Plantación baja y uniforme – Fácil para trabajar y mantener



Mejor Control de enfermedades

- Sigatoka negra – 60% a 70% menos fumigaciones por año.
- Nematicidas – No hay necesidad – 100% de ahorro.



Menos riesgos

- No hay pérdidas de producción por exceso de oferta en el mercado.
- Mejor resistencia a los vientos (Plantas más bajas + sistema radicular desarrollado y profundo).
- Mayor vitalidad, lo que asegura crecimiento fuerte y mejor resistencia a condiciones de stress (temperatura, inundaciones, etc.) y pestes.



Flexibilidad en la toma de decisiones

- Toma de decisiones semanal acerca de la conveniencia de sembrar de acuerdo con las cambiantes condiciones del mercado.
- Flexibilidad en la toma de decisiones en lo relativo al método de sembrado y variedades a cultivar, de acuerdo con los cambios tecnológicos en el mercado.



COMPARACIÓN DE COSTOS POR HECT. CTP-GGT vrs Plantación Tradicional		
Actividad	CTP-GGT Costo/ hect. en Lps	Finca Tradicional Costo/hect. en Lps
Jornal Hoyar	741.64	
Jornal Acarreo Plantas	797.41	
Jornal Siembra	1,577.41	
Control Hierbas	6,031.00	2,256.00
Jornal Deshijar	1,651.76	3,109.00
Jornal Saneo	2,913.64	2,439.00
Fertilización	6,483.00	4,942.00
Proteccion Fruta	7,682.00	14,735.00
Jornal Miscelaneous	607.88	
Resiembra	-	328.00
Control de Enfermedades	-	516.00
Sistema de Drenage	-	3,249.00
Irrigacion	2,542.00	11,031.00
Otros Materiales	95.52	
Ferriados	395.17	
Septimo Dia	1,934.47	
Fimigacion Sigatoka	6,366.94	14,310.00
Desflore y Daypeo	1,541.88	
Sistema Cable Vía	-	549.00
Camino y Puentes	-	258.00
Cosecha	1,434.00	4,302.00
Empaque	7,000.00	13,349.00
Gastos Personal	-	5,887.00
Gastos Indirectos	-	7,097.00
Supervisión	-	511.00
Total	49,795.72	88,868.00

Total costo (lim.) 55,000

costo (US\$) \$3,395

Costo de plantas \$1,500

Total costo (US\$) 4,895

P/Caja US\$ 3.85

P/D/Calibre - Caja por Ha. 1,271

	3000-0.70	3000-0.90	3000-1.0	3000-1.
	1,995	2,565	2,850	3,135
Caja Adicional	724	1,294	1,579	1,864
Ganancia Neta US\$ (Sin inversión y costo financiero)	2,786	4,980	6,077	7,175



Galiltec

CTP-GGT Casmul

Evaluación Pesos Promedios / Ratios

Tr. No	Descripción	G O T E O							
		Peso bruto Racimo Kg	X	Peso Pinzote Racimo Kg	%	Peso Neto Racimo Kg	X	Ratio Caja/Racimo	X
1	VALERY 2800	-		-		-		-	
2	VALERY 3000	21.2	21.2	2.55	12.0	18.65	18.6	0.62	0.62
3	VALERY 3200	-		-		-		-	
4	VALERY 3500	-		-		-		-	
5	WILLIAMS 2800	-		-		-		-	
6	WILLIAMS 3000	22	22.1	3	14.4	19	19.0	0.64	0.63
7	WILLIAMS 3200	22.37		3.37		19		0.62	
8	WILLIAMS 3500	-		-		-		-	
9	GALIL-7 2800	-		-		-		-	
10	GALIL-7 3000	22.9	24.0	3.07	14.1	19.83	20.6	0.68	0.62
11	GALIL-7 3200	25.2		3.7		21.5		0.57	
12	GALIL-7 3500	-		-		-		-	
13	GRAN NINE 3500	-		-		-		-	
14	GRAN NINE 3000	-		-		-		-	
15	GRAN NINE 3200	-		-		-		-	



Galiltec

CTP-GGT Casmul

Evaluación Pesos Promedios / Ratios

Tr. No	Descripción	M I C R O							
		Peso bruto Racimo Kg	X	Peso Pinzote Racimo Kg	%	Peso Neto Racimo Kg	X	Ratio Caja/Racimo	X
1	VALERY 2800	26		4		22		0.77	
2	VALERY 3000	24	26.0	4	14.4	20	20.5	0.76	0.73
3	VALERY 3200	22.1		2.43		19.67		0.68	
4	VALERY 3500	-		-		-		-	
5	WILLIAMS 2800	23.3		3.1		20.2		0.71	
6	WILLIAMS 3000	24.6	22.8	3.6	13.3	21	19.7	0.57	0.66
7	WILLIAMS 3200	20.5		2.43		18.07		0.65	
8	WILLIAMS 3500	-		-		-		-	
9	GALIL-7 2800	23.53		2.63		20.9		0.71	
10	GALIL-7 3000	26.9	24.4	3	12.0	23.9	21.4	0.68	0.66
11	GALIL-7 3200	22.97		3.37		19.6		0.6	
12	GALIL-7 3500	-		-		-		-	
13	GRAN NINE 3500	-		-		-		-	
14	GRAN NINE 3000	-		-		-		-	
15	GRAN NINE 3200	-		-		-		-	



Galiltec

CTP-GGT Casmul

Evaluación Pesos Promedios

Tr. No	Descripción	G O T E					
		# Manos Racimo	X	Long dedo Ult. Mano "	X	Calibre 2da Mano	X
1	VALERY 2800	-		-		-	
2	VALERY 3000	5.9	5.9	9.13	9.1	44.5	44.5
3	VALERY 3200	-		-		-	
4	VALERY 3500	-		-		-	
5	WILLIAMS 2800	-		-		-	
6	WILLIAMS 3000	6	6.0	8.67	8.6	45.67	45.0
7	WILLIAMS 3200	6		8.6		44.33	
8	WILLIAMS 3500	-		-		-	
9	GALIL-7 2800	-		-		-	
10	GALIL-7 3000	6.2	6.4	8.15	7.8	44.5	45.7
11	GALIL-7 3200	6.5		7.6		47	
12	GALIL-7 3500	-		-		-	
13	GRAN NINE 3500	-		-		-	
14	GRAN NINE 3000	-		-		-	
15	GRAN NINE 3200	-		-		-	



Galiltec

CTP-GGT Casmul

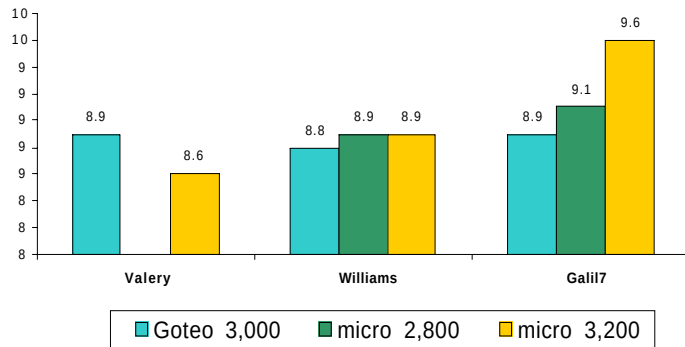
Evaluación Pesos Promedios

Tr. No	Descripción	M I C R O					
		# Manos Racimo	X	Long dedo Ult. Mano "	X	Calibre 2da Mano	X
1	VALERY 2800	6.2		8.73		44.29	
2	VALERY 3000	6.15	6.1	8.47	8.7	44.5	44.5
3	VALERY 3200	6		8.84		45	
4	VALERY 3500	-		-		-	
5	WILLIAMS 2800	6.2		8.55		44.6	
6	WILLIAMS 3000	6.2	6.1	8.27	8.4	44.5	44.5
7	WILLIAMS 3200	6		8.47		44.25	
8	WILLIAMS 3500	-		-		-	
9	GALIL-7 2800	6.4		8.33		44.5	
10	GALIL-7 3000	6.6	6.4	7.45	8.0	45	44.8
11	GALIL-7 3200	6.3		8.17		45	
12	GALIL-7 3500	-		-		-	
13	GRAN NINE 3500	-		-		-	
14	GRAN NINE 3000	-		-		-	
15	GRAN NINE 3200	-		-		-	

Valery, Willams, Galil7 - Manos / Racim

Densidad = 2,800, 3,200, 3,000 / ha

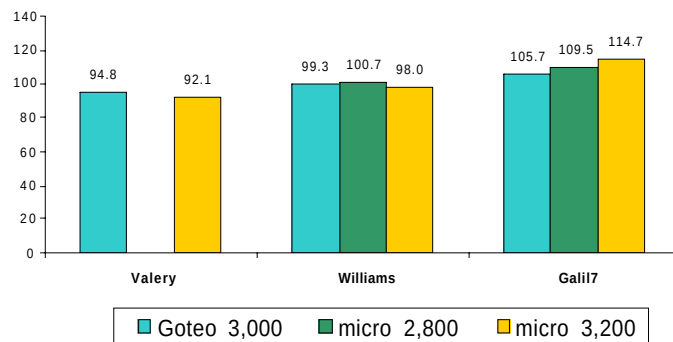
Tipo de riego = micro, goteo



Valery, Willams, Galil7 - No. de Dedos por 6 Mano

Densidad = 2,800, 3,200, 3,000 / ha

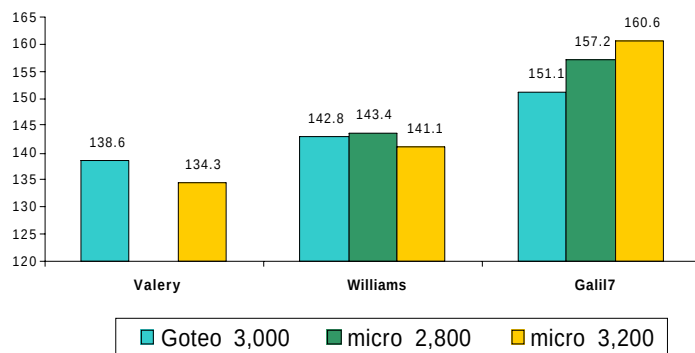
Tipo de riego = micro, goteo

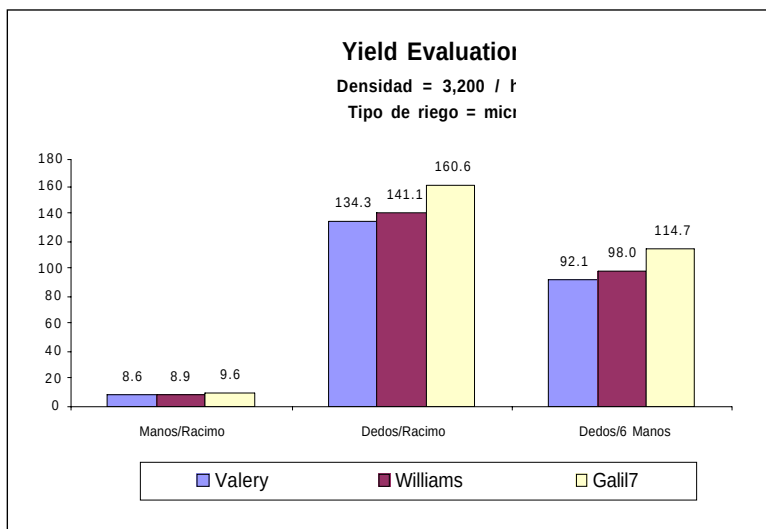
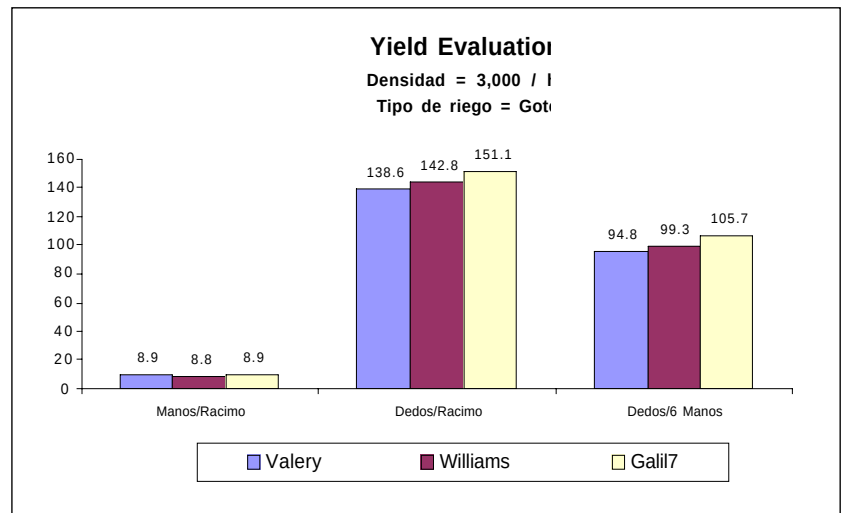
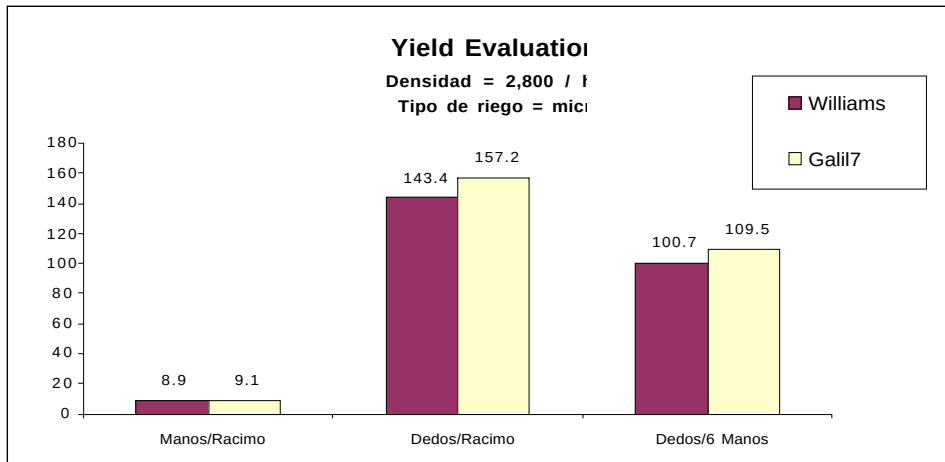


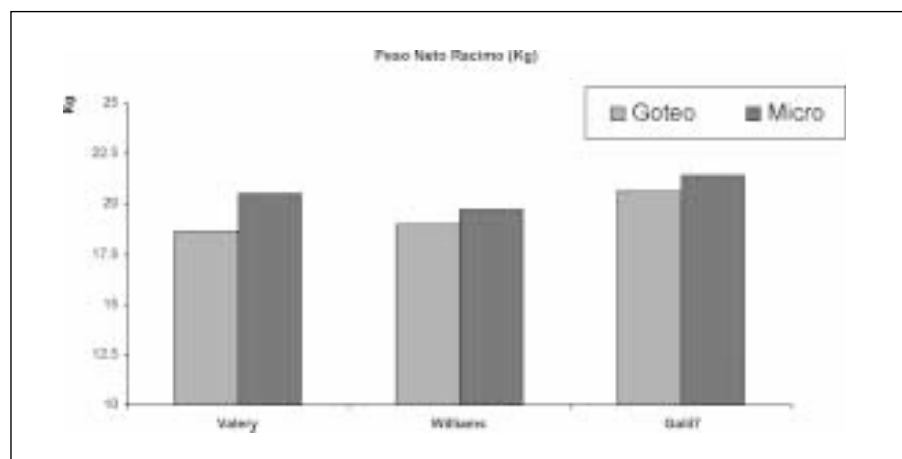
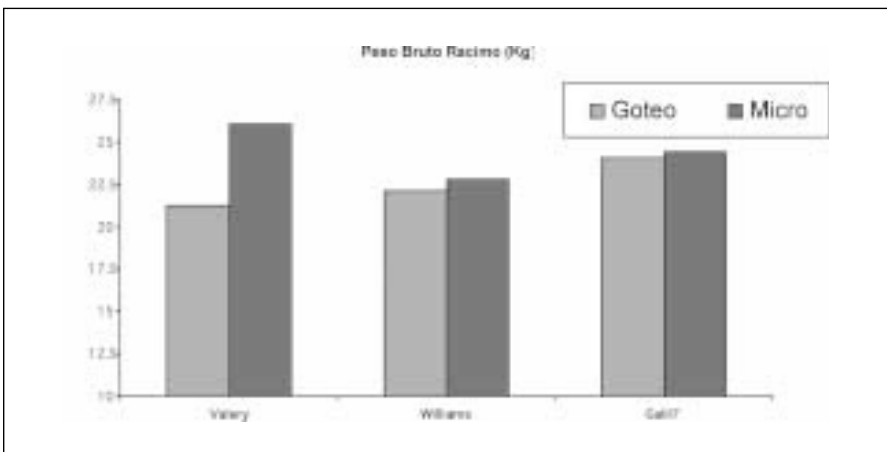
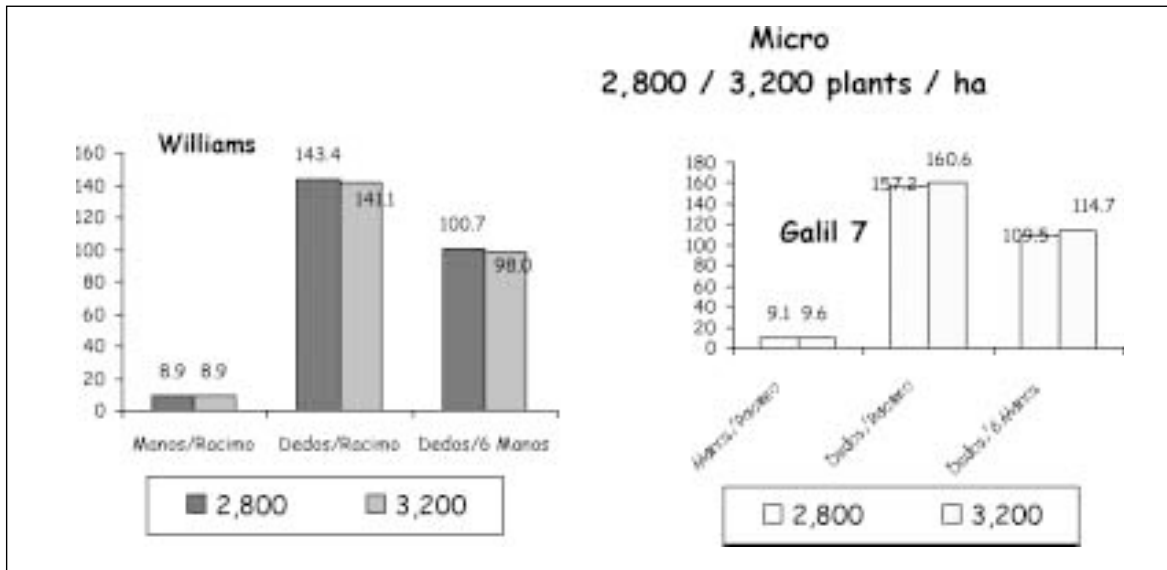
Valery, Willams, Galil7 - Total dedos / racim

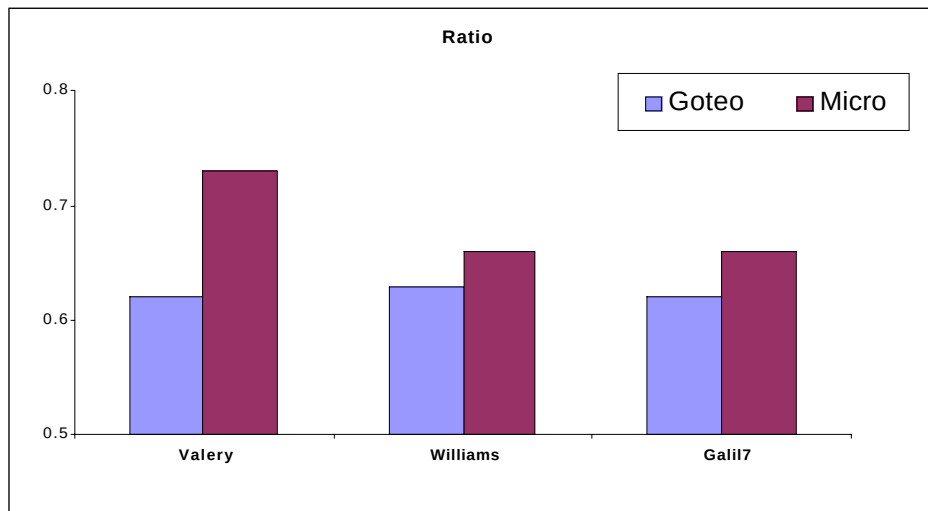
Densidad = 2,800, 3,200, 3,000 / ha

Tipo de riego = micro, goteo









CONCLUSIONES

- La cosecha programada (CTP-GGT®) asegura :
- Control sobre la fecha de mercadeo del producto.
 - Alta productividad.
 - Calidad óptima del producto.
 - Ahorro en costos de producción.
 - Reducción de riesgos.



RECONOCIMIENTOS

Se agradece la invitación por parte de AUGURA y ACORBAT a participar en la XV REUNION INTERNACIONAL DE ACORBAT, 2002

A la Cooperativa Casmul, Honduras C.A. por implementar el programa Crop Timing Plantation (CTP).



Transferencia de tecnología

syngenta

 **Dow AgroSciences**

COTECNA



Enjeux du plantain au Cameroun et amélioration des systèmes de production par une recherche-action participative

Ludovic TEMPLE, Moïse KWA, Roger FOGAIN, Alassa MOULIOM PEFOURA, A. BIKOI

RÉSUMÉ

Le caractère extensif dominant de la production de plantain au Cameroun (1,2 millions de tonnes) pour 600.000 producteurs, ne permet pas d'accroître la production de manière suffisante par rapport à la demande. Il concourt au maintien de l'agriculture sur brûlis, une des causes de la déforestation. Pour répondre à cet enjeu, le CARBAP a mis en place une démarche de validation et de transfert de ses résultats. Cette recherche action consiste à transférer des connaissances, des techniques puis à finaliser l'adaptation de ces dernières aux conditions localisées. Son application auprès de 90 producteurs des provinces du centre et sud porte sur de nouvelles méthodes de multiplication rapide de matériel végétal, des techniques de production intégrée. L'évaluation d'impact qui fait partie de la démarche permet de caractériser les déterminants d'adoption des différentes propositions, les mécanismes de leur transfert entre producteurs et les changements dans les systèmes de production commercialisation.

RESUMEN

El carácter extensivo dominante de la producción de plátano in Camerún (1,4 millones de toneladas) para 600.000 productores, no permite aumentar la producción de manera suficiente en relación con la demanda. Eso participa en la existencia de una agricultura de tala-quema, una de las causas de la deforestación. Para responder a esta problemática, el CARBAP a puesto como enfoque la validación y transferencia de sus resultados de investigación. Esta investigación-acción consiste en capacitaciones y adaptación participativas sobre los conocimientos y propuestas técnicas en las condiciones locales, con los productores. Su aplicación con 90 productores de las provincias del centro y del sur se hace sobre técnicas de producción rápida de material vegetal y técnicas de producción integrada. La evaluación de impacto que hace parte del enfoque permite caracterizar los determinantes de adopción de propuestas técnicas nuevas, los mecanismos de difusión entre productores, y los cambios en los sistemas de producción y comercialización.

E

INTRODUCTION

La sécurité alimentaire en Afrique centrale¹ est soumise dans les 20 prochaines années à de nombreuses incertitudes au regard des statistiques actuelles qui révèlent une dégradation de la productivité pour les vivriers locaux : plantain, manioc, macabo (Temple L. Engola Oyep J. 1997). Or le plantain avec une production globale de 8 millions de tonnes en Afrique centrale et de l'ouest, et de 1,2 millions de tonnes au Cameroun a une place centrale dans la réalisation de la sécurité alimentaire régionale et plus particulièrement celle des villes (Dury S. 2001).

Produit autrefois principalement pour l'autoconsommation (Bikoï A. 1998) l'essor des marchés urbains augmente la production commercialisée dans tous les pays. Le plantain devient une source de diversification importante des revenus monétaires dans les zones rurales. Ce passage d'une culture d'autoconsommation à une culture de rente s'est peu accompagné de transformations des techniques de production. Ainsi les rendements (autour de 6 tonnes/hectare) sont globalement faibles. Ils ont peu augmenté depuis 1985 (Leplaideur A, 1985).

– Quelle est la raison de l'inertie des systèmes techniques de production ?

* CARBAP : Centre Africain de Recherches sur les Bananiers et Plantains. S/C CIRAD BP 2572 Yaoundé – Tel 237 23 85 49. Fax : 220 29 69. E-mail : l.temple@camnet.cm

- Comment la recherche agronomique à travers le CARBAP essaie d'y répondre ?
- Quels sont les résultats obtenus en termes d'impacts ?

1. UN SYSTÈME DE PRODUCTION FAMILIAL CARACTÉRISÉ PAR DES TECHNIQUES EXTENSIVES

La production de plantain est principalement issue d'exploitations de type familial avec une superficie moyenne cultivée en plantain par exploitation de 1 à 2 hectares variables selon les zones (Temple L, 1991, Bikoï A, 1998). Environ 60% de la production est produit pour l'autoconsommation soit 720.000 tonnes à l'échelle du pays. Cet objectif implique de rechercher un étalement de la production et de diminuer les risques techniques et économiques dans un contexte de petites exploitations familiales. Le plantain est alors cultivé par les femmes sans aucun intrant chimique, en association avec d'autres cultures alimentaires : maïs, macabo, arachide, manioc, igname, concombre (*Cucumersis mannii*).

Le pourcentage de la production commercialisée devient supérieur à 50 % dans certaines zones (Temple L, 2001) en cours de spécialisation qui approvisionnent les marchés urbains principaux (Yaoundé, Douala..). Cette production commercialisée (environ 480.000 tonnes) est issue de plusieurs déterminants :

- **Un surplus d'autoconsommation.** En effet produire pour l'autoconsommation implique de minimiser les risques d'insécurité alimentaire. Les producteurs pour cela, plantent des superficies qui permettraient d'assurer la subsistance de leur ménage dans l'hypothèse de la pire année climatique possible. En fonction des aléas climatiques, ils se retrouvent avec un surplus aléatoire par rapport à leurs besoins. Ce surplus est alors commercialisé ou redistribué.
- **Une production issue de la complémentarité aux cultures pérennes de rente** (cacao, café, palmier à huile, hévéa). Tous les planteurs de cacaoyers caféiers, palmiers à huile cultivent du plantain dans leur exploitation en fonction d'objectifs de complémentarité technique et/ou économique divers (Temple L, et al.1997). Le système de culture est alors caractérisé par

l'association aux cultures pérennes, ou la monoculture forestière temporaire.

- **Une production de diversification agricole dans les zones r-urbaines** (entre 40 et 120 kilomètres des marchés urbains). Elle est mise en œuvre par de jeunes agriculteurs en cours d'installation qui reconvertissent l'exploitation de leurs parents vers les cultures vivrières et horticoles destinées aux marchés urbains.
- **Une production de diversification péri-urbaine** (inférieure à 50 kilomètres des villes). Elle est mise en œuvre par des élites (médecins, avocats, fonctionnaires) qui investissent dans l'agriculture leur épargne avec des objectifs précis : marchés captifs (hôpitaux, restauration..), redistribution sociale au sein de la famille élargie (fournir de l'emploi à des personnes de la famille en difficulté...).

Ces déterminants différents de l'offre se traduisent par des caractéristiques diversifiées des systèmes techniques de production. La caractéristique dominante des exploitations reste celle de petites exploitations familiales qui ont de faibles « surfaces financières ». Pour les trois premiers déterminants de la production commercialisée, il s'ensuit des stratégies dominantes de diminution des risques économiques. Ces stratégies conduisent à gérer la production sans recourir à des intrants qu'il faudrait acheter sur le marché. Les principaux facteurs de production mobilisés sont le travail familial et les ressources naturelles dont le renouvellement est assuré par des jachères forestières. Ce système de gestion extensif de la production atteint ses limites dans certaines zones. Ainsi le département de la Léiké autrefois grenier de Yaoundé (Dongmo JL. 1985) ne nourrit plus sa population (Pnud, 2000). Les vivriers dont le plantain y sont importés d'autres zones de production et les populations doivent migrer vers les villes ou les fronts pionniers. Ceci est lié au fait que la pression démographique dans ces zones et les autres variables qui agissent sur le marché foncier, diminuent les durées de jachère nécessaires à la reconstitution des réserves de fertilité et l'assainissement sanitaire des sols. Il s'ensuit une pression des contraintes biotiques de plus en plus forte, des rendements de plus en plus faibles, une mise en culture de parcelles de plus en plus éloignées, des coûts de transport de plus en plus élevés.

Ce contexte se traduit par des prix élevés aux consommateurs urbains et en augmentation rapide. En soit, ceci constitue une opportunité pour certains producteurs. L'augmentation des prix peut rentabiliser de nouveaux systèmes techniques plus intensifs en intrants. Les « démarrages » d'intensification repérés sont cependant progressifs, localisés et lents. Ils sont par ailleurs insuffisants, au regard de leurs résultats actuels, pour augmenter la production et répondre aux enjeux alimentaires que pose la croissance rapide de la population et notamment celle de la population urbaine.

Dans les conditions de production actuelles du Cameroun on cultive le plantain sur des jachères forestières d'au moins 10 ans. Le débroussaillage de la forêt secondaire se traduit par un encombrement du sol et des faibles densités de bananiers. Pour diminuer les quantités de travail nécessaires à ces défriches, les planteurs pratiquent le brûlis. Au-delà du 3 cycles, la croissance des chutes de plantain d'une part et la baisse du poids des régimes d'autre part conduisent à laisser la parcelle repartir en jachère. Pour atteindre un objectif de production, compte tenu des techniques mobilisées, il faut cultiver des espaces considérables. De fait, la production de plantain a un impact sur le taux de déforestation (Temple L. et al. 01).

2. LES CONTRAINTES DE LA PRODUCTION DE PLANTAIN AU CAMEROUN?

Face aux enjeux alimentaires existants et à venir, il est nécessaire d'accroître la production vivrière par un changement des systèmes techniques existants permettant une meilleure productivité. Pour y contribuer, le Centre Africain de Recherches sur les Bananiers et Plantains a été créé (CARBAP)². Ce centre produit des résultats scientifiques à l'origine de propositions techniques nouvelles. Il agit aussi sur l'environnement institutionnel de la production : vulgarisation, commercialisation, professionnalisation de la filière. Sollicité par le Ministère de l'Agriculture, il a co-organisé un atelier de concertation des opérateurs économiques de la filière pour identifier les principales contraintes à une amélioration des

conditions de production³ (Minagri, 2001). Les opérateurs ont ainsi identifié les principales contraintes suivantes :

- les contraintes liées à l'inadaptation des systèmes techniques qui ne mobilisent pas les propositions techniques de la recherche,
- les contraintes liées à l'insuffisante disponibilité du matériel végétal sain,
- les contraintes liées à l'absence d'organisations des producteurs,
- les contraintes liées aux maladies du plantain et ravageurs.

Ces contraintes interagissent entre-elles. Leur hiérarchisation reste difficile. En ce qui concerne les contraintes biotiques (maladies et ravageurs) la mise en place d'un observatoire permanent d'un réseau de parcelles en milieu paysan (Pierrot J. et al. 2002), complété par des enquêtes diagnostic (Bikoï et al. 1999), permettent aujourd'hui de mieux cerner les contraintes majeures et les priorités d'intervention.

Dans les conditions de production actuelles, les contraintes principales sont liées au parasitisme tellurique et aux ravageurs (nématodes et charançons). Ces contraintes sont à l'origine de pertes importantes qui atteignent plus de 50% de la production à certains moments de l'année, dans les parcelles ayant dépassées le troisième cycle. L'impact de la maladie des raies noires est plus difficile à caractériser en dehors de localisations précises (proximité des routes, des plantations industrielles) bien que certains travaux établissent une corrélation entre la surface foliaire du bananier et le système racinaire (Blomme G, et all. 2001).

L'analyse des pratiques culturelles mises en oeuvre montre que la contrainte de disposer de rejets en quantité suffisante se traduit par la récupération de tout le matériel disponible, principalement dans les vieilles parcelles qui sont remises en jachère. Ainsi de 70 à 80% des rejets sont récoltés dans des parcelles, fortement contaminées par les nématodes et les charançons. En corollaire, des enquêtes diagnostic révèlent que moins de 20% des agriculteurs pratiquent le pralinage (Temple L. et al. 2002 à o paraître). La diminution de la contrainte de rejets est la variable centrale d'une amélioration des systèmes de production.

Ce diagnostic a été élaboré par une équipe pluridisciplinaire. Dans son prolongement, les

chercheurs ont utilisé leurs connaissances pour mettre au point des techniques transférables à une large gamme de producteurs. L'objectif principal est de conduire les producteurs à une utilisation progressive et raisonnée de nouvelles techniques qui leur permettent d'adopter une démarche de production intégrée adaptée aux caractéristiques socio-économiques dominantes d'une agriculture familiale. Pour cela, il est apparu nécessaire de proposer des changements techniques qui soient compatibles avec les contraintes posées par l'environnement technique, institutionnel et la diversité des conditions micro-économiques de production. Il a fallu investir dans la validation des propositions techniques. Cette stratégie proposée à plusieurs bailleurs de fonds a rencontré un accueil favorable qui a permis son autofinancement par des projets ou des fondations privées (AVENTIS, PPDR).

3. DE LA « RECHERCHE CLASSIQUE »... À UNE « RECHERCHE ACTION PARTICIPATIVE »

1. Éléments sur la controverse « recherche station » « recherche participative »

Le schéma d'organisation de la recherche fondé sur la séquence classique : élaboration en station, transfert à la vulgarisation, diffusion par la vulgarisation peut fonctionner dans des situations où la définition des priorités de recherche répond à une demande clairement identifiable (firmes phytosanitaires, organisations professionnelles, entreprises agro-industrielles). En revanche, de nombreux travaux (Chambers R, et al 1990) révèlent que ce schéma n'est pas fonctionnel dans le cas d'agricultures soumises à des défaillances fortes de l'environnement institutionnel, caractérisées par un mode de production familial dominant, et peu représentées par des organisations professionnelles.

Les critiques sus-citées portent notamment sur l'inadaptation des propositions de recherche à la diversité des conditions localisées qui en partie expliquent leur faible appropriation par les producteurs et leur peu d'impact sur le développement au regard des investissements

réalisés. Ces critiques ont stimulé l'émergence des démarches en terme de « recherches participatives » selon différentes orientations possibles (Lammerink M. et al. 1998). Elles ont pour objet de promouvoir la construction du changement technique à partir d'interactions entre le chercheur, le producteur, les vulgarisateurs. L'hypothèse centrale est que le producteur a un « savoir technique » sur lequel il faut s'appuyer pour co-construire des solutions techniques adaptées à ce savoir d'une part, et aux contraintes du milieu d'autre part. Le rôle de chercheur est alors de stimuler, d'accélérer le processus d'innovation technique des producteurs.

Ces démarches ont été principalement appliquées dans le domaine de la protection intégrée sur les céréales en Asie (écoles paysannes). Elles se développent aussi sur le bananier dans le domaine de la sélection participative (IPGRI, 2000). Elles ont fait peu l'objet d'applications en Afrique sur le plantain dans le domaine de l'agronomie, la défense des cultures.

Cependant le « paradigme de la participation » fait à son tour l'objet de critiques (Sconnes I et al. 1999). En effet l'hypothèse centrale est soumise à certaines conditions de réalisation qui en limitent la validité. En l'occurrence, le savoir paysan est construit dans un contexte d'information imparfaite. Les techniques qui en découlent sont parfois erronées et la capacité de produire des changements est lente. Différentes limites qui caractérisent les connaissances des agriculteurs peuvent être citées :

- elles sont contextuelles, c'est à dire liées à un lieu géographique donné,
- elles sont fondées sur des observations et des interprétations visuelles,
- elles sont lentes et fondées sur un processus adaptatif d'essais erreurs,
- elles sont hétérogènes et variables selon les personnes.

Une enquête participative (à paraître) révèle que 15% des producteurs associaient les trous des charançons dans le bulbe à la présence des fourmis. Ils utilisaient donc des insecticides destinés à la lutte anti-capsides sur le cacao, pour lutter contre les fourmis.

Pour le plantain, inséré dans une gamme diversifiée de systèmes de culture, qui a un cycle

de production de plus de 12 mois, les limites précitées sur la pertinence du savoir paysan ont un poids plus important que sur les cultures à cycle court. En effet, compte tenu de la longueur du cycle, de nombreuses variables perturbent la relation que peut faire un agriculteur entre un choix technique et l'impact de ce choix en termes de rendement ou de productivité économique.

Une réflexion a donc été engagée pour trouver un compromis entre les orientations de la « recherche classique » et celles prônées par la « recherche participative ». La démarche proposée s'organise autour de quatre grandes étapes.

2. Du diagnostic à la validation par une recherche action

Il ne sera pas repris ici le diagnostic réalisé en amont dans le cadre d'un observatoire de parcelles en milieu paysan qui permet de cibler les orientations de recherche en station, sur des priorités définies par les agriculteurs et en fonction des contraintes identifiées. Il faut souligner que ce diagnostic n'est pas réalisé avec des approches participatives, mais sur la base d'enquêtes qui permettent aux chercheurs d'interpréter des données, de quantifier des résultats et de corriger les erreurs d'interprétation des agriculteurs. Les principaux acquis de ce diagnostic ont été présentés en première partie. Ce diagnostic en amont de la « recherche station » se réalise dans une logique de co-disciplinarité. En d'autres termes les problèmes à résoudre sont examinés en commun, mais les réponses sont ensuite élaborées par les différentes disciplines de manière indépendante dans le cadre de leurs recherches en station. Les résultats font ensuite l'objet d'une gamme de solutions techniques possible. Il ne sera pas repris non plus la présentation du dispositif d'essais en station qui permet de finaliser un certain nombre de propositions techniques.

En revanche, nous présentons la dernière phase du processus qui porte sur la pratique de la recherche action en vue de valider, transférer, évaluer les propositions de recherche. Cette recherche action pratiquée en d'autres circonstances (Liu M.1996) valide des connaissances par l'expérimentation dans le cadre d'actions de formations.

L'objet du chercheur devient le processus de

transformation que génère son action de validation. Cette démarche adoptée au sein de deux projets dans les provinces du centre et du sud Cameroun, s'appuie sur la succession d'un certain nombre d'étapes :

- une approche en terme de production intégrée,
- la diffusion de connaissances, propositions par des formations participatives,
- la mise en place d'un réseau d'agriculteurs expérimentateurs,
- l'évaluation d'impact : taux d'adoption, mécanismes de transfert.

1. Une approche en terme de production intégrée

La production de plantain est issue d'une gamme diversifiée de systèmes de cultures et d'objectifs économiques. La genèse de changements techniques implique de tenir compte de la compatibilité de ces changements avec les déterminants des systèmes de culture (association, rotation), des systèmes de production (combinaison de facteurs de production) liés au système de contraintes/opportunités sociales (règles de cohésion collective), économiques (évolution des prix relatifs), environnemental (impact sur les ressources naturelles et perception de cet impact par les populations) et techniques (hiérarchisation des contraintes). Cette approche suppose que les propositions techniques nouvelles soient conçues dans une logique de production intégrée. Ceci implique en l'occurrence de pouvoir évaluer l'impact de ces changements sur le fonctionnement global de l'exploitation, mais également de voir comment améliorer la capacité des producteurs à maîtriser les contraintes de la commercialisation.

2. La diffusion de connaissances, propositions dans des formations participatives

La mise en œuvre de la démarche précédente passe par des formations participatives pour créer une dynamique d'échange entre agriculteurs et chercheurs. Cette dynamique est nécessaire afin de construire une vision commune des connaissances sur le bananier, son cycle de vie, les parasites, les moyens de les identifier, les indicateurs à retenir pour évaluer leur impact, les stratégies de lutte à mettre en œuvre. En effet de nombreux exemples montrent que cette absence d'objectifs communs

préalables est à l'origine d'un quiproquo entre chercheurs et agriculteurs. Il s'ensuit des échecs fréquents des essais de démonstration ou de validation qui sont réalisés en milieu paysan (Nounamo L. Foaguegue A. 1999). Cette co-construction permet aux producteurs d'améliorer leur capacité d'analyse en intégrant leurs propres expériences avec les connaissances produites par la recherche. Elle améliore ainsi leur capacité de diagnostic vis à vis de problèmes qu'ils rencontrent et des solutions qu'ils peuvent mettre en œuvre pour les résoudre. Par ailleurs, elle permet aux chercheurs de compléter leurs propres connaissances sur la diversité des situations existantes, les facteurs qui conditionnent l'adoption de leurs propositions et les questions que peuvent poser les pratiques paysannes. Si la justification de ces pratiques, par rapport à la connaissance scientifique n'est pas toujours évidente, en revanche la découverte de leurs déterminants permet aux chercheurs :

- de s'interroger sur le bien fondé d'une pratique et d'en tester éventuellement la pertinence en station de recherche,
- de comprendre pourquoi une proposition technique est refusée et quelles sont les variables qu'il faut prendre en considération,
- d'identifier les variables localisées du milieu qui impliquent la nécessité d'adapter un procédé technique, ce qui peut initier de nouvelles recherches

Exemple : Au cours d'une formation d'appui à la diffusion d'une technique de multiplication rapide (PIF) les chercheurs se sont rendus compte que dans certaines zones, la parche de café nécessaire au sevrage des plantules n'était pas disponible. Des essais ont alors été lancés en station pour tester la qualité de la cabosse de cacao très abondante et adapter les recommandations techniques en conséquence.

3. La mise en place d'un réseau d'agriculteurs expérimentateurs

La réalisation des formations participatives a permis d'identifier au sein des producteurs un échantillon d'agriculteurs auquel il est proposé de jouer un rôle de relaie pour la recherche. L'acceptation de ce rôle, sur la base du volontariat

impliquant plusieurs conditions :

- celle de mettre en culture une superficie de plantain minimale,
- celle de tester sur une partie de la parcelle certaines des propositions techniques faites par la recherche,
- celle d'utiliser les indicateurs de suivi économique des parcelles permettant de calculer des marges brutes,
- celle de faire partager les résultats de l'expérimentation avec d'autres agriculteurs au niveau de la parcelle test.

Ce réseau s'appuie sur le concept «d'agriculteurs expérimentateurs» élaboré dans les pays d'Amérique latine (Hocdé H, 2000). Il rencontre cependant plusieurs difficultés sur le plantain:

- les recommandations techniques faites s'accompagnent fréquemment de surcharge en travail, ou de dépenses nouvelles or selon les contraintes du planteur l'acceptation de ces « charges » est plus ou moins possible,
- la dissémination des parcelles dans l'espace (la durée moyenne d'accès à une parcelle est de 30 à 40 minutes de marche) rend difficile le partage de l'expérience avec d'autres agriculteurs,
- les délais de production du bananier (18 à 24 mois) rendent difficile l'évaluation d'impact d'un changement technique,

Ce réseau encore jeune constitue néanmoins un dispositif de contact et de suivi régulier entre la recherche et les producteurs.

4. QUELS SONT LES RÉSULTATS EN TERME D'IMPACT?

1. L'impact au niveau des taux d'adoption

Le couplage des formations avec des enquêtes régulières permet de suivre le processus d'adoption et de déceler les problèmes posés par cette adoption. Ces problèmes sont alors pris en compte dans les expérimentations en station. Suite à plusieurs ateliers de formation participative, une enquête sur un échantillon de 33 exploitations a donné les principaux résultats suivant :

- 72% des producteurs ont pratiqué une nouvelle méthode de multiplication de matériel végétal (PIF). Le taux d'adoption varie cependant selon

les zones. Il est supérieur à 80% dans les zones à forte pression démographique où les jachères ont disparue et où la pénurie de rejets est forte. Il est faible dans les autres zones. Plus de 65% de producteurs qui ont pratiqué la PIF l'ont diffusé à travers des restitutions dans leurs Groupes d'Initiatives Communes (GIC), au sein de leurs familles.

- 43 % des producteurs ont essayé la fausse décapitation. Cette technique est dans l'ensemble peu appréciée car elle implique de créer une parcelle pour produire du matériel végétal donc de renoncer à la production.
- 53% des producteurs ont pratiqué le parage en prenant la précaution de le pratiquer directement sur les parcelles où sont prélevés les rejets.
- 31% des producteurs ont pratiqué le piégeage des charançons noirs. Le taux général est faible alors que le charançon constitue l'un des principaux problèmes sur le bananier dans la zone. Ce faible taux s'explique par le fait que la surveillance régulière qu'imposent les pièges dans des parcelles éloignées est difficile. De plus, la diffusion du piégeage ne s'est pas accompagnée d'indicateurs permettant d'associer des stratégies de lutte précises en fonction du degré d'attaque des parcelles.
- 22% ont pratiqué le pralinage avec des insecticides. La principale contrainte vient du manque de moyens qui ne facilite pas l'acquisition des intrants nécessaires. Les essais se font principalement avec le furadan (insecticide), la cendre et d'autres produits chimiques utilisés en cacao-culture.
- 66% ont pratiqué l'effeuillage contre la maladie des raies noires en déposant correctement la feuille coupée face supérieure contre le sol mais la plupart refusent de brûler les feuilles.
- Aucun planteur ne suit pour l'instant les recommandations en terme d'associations culturales, ou bien déclare abandonner les associations déconseillées (plantain/manioc et plantain/maïs), ou la pratique du brûlis.

L'analyse en cours de ces résultats, conduit à plusieurs observations :

- Les contraintes financières dans le cas de l'agriculture familiale conservent un rôle déterminant dans l'adoption de changements techniques qui impliquent l'utilisation

d'intrants, même lorsque cette utilisation implique des dépenses peu importantes. Ceci est le cas par exemple pour le parage. La diffusion de techniques qui induisent une dépendance au marché implique de les accompagner par des référentiels qui démontrent mieux aux producteurs leurs impacts potentiels.

- L'inertie des changements techniques dans les associations culturales est très forte. Cela s'explique de différentes manières car les déterminants de ces systèmes sont complexes et variés.
 - Certaines associations (plantain/maïs) ont pour objet des complémentarités économiques entre cultures au niveau des opérations de desherbage. Les producteurs accordent plus d'importance à l'économie de temps de travail réalisé par la complémentarité des travaux entre les cultures, que le gain potentiel de rendement lié à la diminution de la pression en nématodes⁴.
 - D'autres associations comme les champs cultivés par les femmes où sont associés l'arachide, le manioc et le plantain répondent à des complémentarités en terme de calendrier de production en fonction des besoins alimentaires du ménage.
 - Les associations recommandées plantain/amarante ou plantain/ananas sont difficiles à réaliser dans les zones de production de plantain actuelles. En effet, les légumes feuilles sont très périssables et leur commercialisation implique un débouché rapide. L'ananas implique des approvisionnements en rejets extérieurs.

Les déterminants économiques des associations culturales liés principalement à la recherche d'effets de gamme (autour du facteur travail) sont ainsi, parfois des contraintes à l'optimisation agronomique des systèmes de culture. Ces analyses soulignent la difficulté de rendre compatibles les objectifs entre les chercheurs et les producteurs. Les chercheurs gardent souvent des objectifs d'accroissement du rendement, de la productivité, ou de protection des ressources naturelles. Les producteurs ont des objectifs de sécurité alimentaire, de minimisation des risques, de diminution des quantités de travail pénible. Or c'est la compatibilité de ces objectifs détermine la mise

en œuvre des propositions de la recherche et l'accélération des changements techniques qui sont attendus. Cette compatibilité se crée plus facilement avec des planteurs pour lesquels les objectifs de production sont clairement orientés vers le marché, ce qui est le cas principalement des planteurs pluri-actifs.

Ces résultats montrent aussi que lorsqu'une technique répond à une contrainte clairement identifiée par les producteurs (disponibilité quantitative des rejets par exemple) elle est adoptée et sa transmission entre producteurs se fait très rapidement. Cependant l'objectif des chercheurs (produire du matériel sain) n'étant pas le même que ceux des producteurs (obtenir rapidement des quantités de rejets homogènes) l'adoption de la technique se fait selon des modalités diverses sans respecter les recommandations de la recherche. Ainsi la plupart des producteurs qui créent des pépinières de multiplication ne stérilisent pas la terre, d'où des plantules qui peuvent potentiellement avoir une qualité sanitaire aussi mauvaise que des rejets normaux...

Au-delà du taux d'adoption par les agriculteurs ayant suivi les formations, il est également important d'analyser les mécanismes de diffusion des connaissances et des propositions techniques entre les producteurs. Ceci pour voir si la prise en compte de ces mécanismes, dans les protocoles de validation, n'est pas susceptible de démultiplier les impacts attendus. Ce mécanisme de diffusion est en cours d'étude dans la nouvelle enquête de suivi en cours.

2. L'impact au niveau de la recherche

L'identification des résistances des producteurs à la mise en œuvre de nouvelles pratiques a par ailleurs conduit les chercheurs à orienter leurs protocoles d'essais en station :

- Au niveau de la technique de multiplication rapide des essais ont été mis en place utilisant comme terreau, la cabosse de cacao au lieu de la parche de café.
- Au niveau des essais sur la maladie des raies noires, les protocoles de suivi des essais sur l'effeuillage sont en cours de modification par des suivis sur les temps de travaux en fonction de différents itinéraires.

- Au niveau du charançon, des réflexions sont engagées pour coupler les indicateurs issus du piégeage avec des stratégies de lutte raisonnée utilisant des insecticides.

3. L'impact économique au niveau des producteurs (non développé)

Conclusion. La diversité des dynamiques de l'offre de plantain au Cameroun et la nécessité d'accélérer l'innovation technique au regard des enjeux que pose la sécurité alimentaire des populations, interpelle la recherche sur la nature des produits qu'elle peut proposer et sur la compatibilité entre ses produits et les besoins posés par les contraintes des producteurs. Cette compatibilité se découvre dans un processus interactif ou la recherche s'engage dans un dispositif de validation de ses résultats. L'innovation n'est plus produite par le simple transfert d'une connaissance ou d'une recommandation technique mais par un processus d'interaction entre les principaux opérateurs impliqués dans la mise en œuvre du changement technique : producteurs, chercheurs, vulgarisateurs...

BIBLIOGRAPHIE

- BIKOI A. Etude de cas sur les productions bananières au Cameroun. Symposium International sur les productions bananières, 10-14 novembre 1998, CRBP, Douala, Cameroun (1998).
- BIKOI A. et al. Etude des acquis et contraintes au développement des productions de plantain au Cameroun. Rapport final PDEA.CRBP 158p.1999.
- BLOMME G. TENKOUANO A et al. Influence de l'effeuillage sur la croissance des tiges et des racines du bananier (*Musa spp.*). Vol 10, N°2 (2001).
- CHAMBERS R. et all. Les paysans d'abord. Les innovations des agriculteurs et la recherche agronomique. Eddition Kathala (1994).
- DONGMO..(1985).L'approvisionnement alimentaire de Yaoundé. Publication faculté des sciences humaines, Yaoundé 222 p.
- DURY et all. The determinant of urban plantain consumption in Cameroon. Food Quality and Preferences vol. 32 issue 3 pages 81-88. January (2002).
- HOCDE H. Vers un mouvement social d'innovateurs paysans. In bulletin LEISA, vol 16 N°2, (2000).
- IPGRI. Participatory approaches. Editeurs Esbern Friis-Hansen et all. 213 p (2000).
- LAMMERINK MP et all. Approches participatives pour un développement durable. Edition Karthala IPD (1998).
- LEPLAIDEUR A. Modèle 3C (Cameroun- Centre-Sud-Cacaoculture). Editeur IRAT Montpellier (1981).
- LIU M. Recherche action et dynamique de développement. In Suymosim international Recherches systèmes en

- agriculture et développement rural Montpellier p 122 (1994).
- MINAGRI. Atelier national validation des programmes. Concertation des opérateurs économiques de la filière plantain. Douala Cameroun 2001.
- NOUNAMO L., FOAGUEGUE A. Understanding conflicts between farmers and researchers. In *Forests, Trees and People* N° 39 (1999).
- PIERROT J. et al. Déterminants de la production de plantain dans le sud-ouest du Cameroun intérêt d'un observatoire. In *revue Fruits*, Vol 57, N°2 (2002).
- SCOONES I. et THOMPSON J. La reconnaissance du savoir rural. Ed. Karthala (99).
- PNUD/MINAGRI. Etudes socio-économiques régionales au Cameroun rapport de projet PNUD-OPS CMR, Février (2000).
- TEMPLE L., ENGOLA OYEP J. La sécurité alimentaire en Afrique centrale. Enjeux pour un troisième millénaire. *Revue Afrique agriculture* N° 279 mars (1997).
- TEMPLE L., ACHARD R., Le bananier plantain dans le changement du couvert forestier au Cameroun. Stratégie pour une intensification durable ? Collection CRBP N°206 (2001).
- TEMPLE L., BIKOI A. Collecte et analyse des données secondaires sur les productions bananières au Cameroun. Collection CARBAP N° 230 (2001).
- TEMPLE L., FADANI A. Cultures d'exportation et vivrières, éclairage d'une controverse par une analyse micro-économique. *Economie Rurale* N°239 (1997).
- VERMERSCH D. L'agriculture entre artificialisation des milieux et artificialisation des échanges. *OCL – INRA* vol 7 N° 6 p 480-484 (2000).

NOTAS

1. Congo, Gabon, Cameroun, Nigeria, RDC...
2. Le Centre Régional de recherche sur Bananiers et Plantains créée en 1989 est devenue le Centre Africain de recherche sur Bananiers et Plantains en 2001. Il est à l'origine aujourd'hui de nombreuses propositions techniques : nouveaux hybrides (CRBP39), techniques de multiplication horticoles (PIF), nouvelles pratiques culturales en terme d'association-rotations...
3. L'atelier a réuni 20 participants dont 6 délégués d'organisations de producteurs qui représentaient plus de 600 producteurs, 6 représentants du MINAGRI, 4 chercheurs du CARBAP, 5 représentants d'ONG et d'organisations professionnelles.
4. Ces interactions positives ou externalités entre cultures difficiles à mesurer par des indicateurs économiques classiques s'appellent des économies de gamme. Elles se diversifient voir s'opposent aux économies d'échelle que génèrent l'intensification et la spécialisation (Vermersch 2000).

Capacitación en equipo a través de parcelas en coautoría para contribuir a la competitividad del agronegocio de plátano en el Quindío.

Team trainine by coauthorship plots to contribute to the competitiveness of plantain agrobusiness in Quindío

C.I. Muñoz – R.G. Botero**

RESUMEN

Se incrementó la aplicación de la tecnología y competitividad del Agronegocio del Plátano. La "Capacitación en equipo" a través de parcelas en coautoría, tuvo como objetivos: capacitar a técnicos interinstitucionales y productores, y fortalecer asociaciones y comercializadoras. Se realizó teniendo en cuenta el tiempo del ciclo vegetativo del cultivo a través de once tutoriales. Se concertó Interinstitucionalmente (5) el paquete de alternativas tecnológicas. Se capacitó y asesoró a 751 beneficiarios: 504 productores, 58 comercializadores, 161 administradores y 28 multiplicadores. Del total de beneficiarios, 153 aplicaron más de cuatro recomendaciones y 332 al menos una de las prácticas. La más adoptada fue el manejo sanitario de los Picudos mediante el uso de trampas (100%)de los evaluados, seguida de producción de semilla por "rebrote inducido", deshoje sanitario y destronque, que influyeron en el incremento del peso (33%) del racimo. Además, se realizaron cuatro publicaciones, y se fortalecieron cinco asociaciones de productores en tecnología y gestión gremial. Palabras claves: Adopción, tecnología, trampas para picudo, rebrote inducido.

ABSTRACT

The Technology application and competitiveness of plantain agrobusiness were increased. Team capacitation by coauthorship plots had as objectives: To capacitate interinstitutional technical experts, producers and to strengthen associations and traders. It was realized keeping in mind the vegetative cycle of a crop through eleven tutorials. With five entities an Interinstitutional agreement was made for technological alternative recommendations. 751 beneficiaries were given training and technical advise: 504 producers, 58 traders, 161 managers and 28 multipliers out of the total beneficiaries. 153 out 751 beneficiaries applied more than four recommendations, and 332, at least one technical alternative. The most adopted practice was the sanitary management of weevils by traps for 100% of those evaluated; followed of seed productions by induced needlings; sanitary falling off of leaves, and sever of the pseudostem, all of which had an effect on the increased weight (33%) of the bunch. Furthermore, four publications were made and five association of producers in technology and management of trade-union, were strengthened.

Key Words: **adoption, technology, weevils-trap, induced needlings**

INTRODUCCIÓN

El inadecuado manejo del cultivo del plátano por parte de los productores, es causado por el desconocimiento de las plagas y enfermedades, el número insuficiente de profesionales y técnicos capacitados para un manejo integral del cultivo, el bajo nivel educativo de los cultivadores, la dificultad para acceder a los insumos y el sistema de producción (café asociado con plátano), los cuales

causan dificultad en la comercialización reduciendo los ingresos de los productores y/o comercializadores. (J.M. Pedraza, 1999). Esta situación, permite identificar la necesidad de adelantar estrategias tendientes a elevar el nivel de conocimiento de los productores sobre manejo y control de los problemas fitosanitarios, de tal manera que el cultivo pueda ser técnica y ambientalmente sostenible en el mediano y largo plazo. Cuando el plátano

* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Corpoica Regional Nueve. Apartado aéreo 1287, Manizales, Caldas, Colombia. Teléfono 8876212. FAX: 876204. Correo electrónico: corpoica@epm.net.co

no está destinado a mercados especializados (en dedos o manos), con las actuales condiciones de cultivo y manejo, se estima que cerca de 20% se rechaza antes de salir de la finca por no cumplir las especificaciones del mercado o por daños mecánicos, plagas y enfermedades; el monto por este concepto no se reporta como parte de la producción y el sobrante se destina para consumo humano o alimentación de animales en la finca.

El presente proyecto de capacitación equipo se llevó a cabo con el objetivo general de contribuir al mejoramiento de la competitividad del plátano producido y comercializado en el Departamento del Quindío a través de acciones de capacitación integral orientada al desarrollo tecnológico y empresarial de los agentes involucrados en la cadena agroproductiva.

Según los principios de Transferencia se deben tener en cuenta los siguientes criterios: Los proyectos deben referirse a problemas sentidos por los clientes y que trabajen los problemas con enfoque de sistemas agroproductivos. Esto se puede lograr si se da la participación a los clientes en el diagnóstico de la problemática, en la planificación y ejecución del proyecto, en la evaluación de los resultados y en la divulgación de los mismos. Se debe estar seguro que la participación sea verdadera y no parcial o equivocada. La verdadera, es cuando se le da al cliente la oportunidad de que él tome las decisiones que se requieren. Es parcial, cuando se consulta a la clientela pero las decisiones requeridas son tomadas por otras personas, con base en algunas sugerencias de los clientes. La participación equivocada es cuando las opiniones no se toman en cuenta por él en la toma de decisiones.

En el mundo actual hay consenso en que las estrategias de transferencia de tecnología que dan participación a los diferentes actores del proceso de producción, transformación, industrialización, comunidad académica y científica de los productos agropecuarios, son mucho más efectivos para inducir la adopción de las nuevas tecnologías, que aquellas dirigidas de arriba abajo o lineales, usadas hasta hace poco (Arévalo, 1999).

El mundo de hoy, pero especialmente el que viene, funciona con esquemas claramente distintos. Entre ellos ocupa lugar preponderante el saber trabajar, actuar y convivir con otros. Quien en al-

bores del nuevo milenio no maneja adecuadamente las técnicas del trabajo en equipo se quedará definitivamente atrás y estará frenado para avanzar.

Si fuera posible establecer condiciones en las que los individuos se unieran en un firme espíritu de trabajo en campo y pudieran ejecutar al máximo sus talentos y capacidades tecnológicas, entonces así una organización traería satisfacciones y beneficios inimaginables (Mosam Ibuka 1996). Aprendemos mejor cuando pensamos en forma colectiva, la unidad fundamental de aprendizaje para el próximo siglo es el equipo, que nos enseña el paso de la autonomía hacia la cocreación grupal e interdependencia (Muñoz, 1998, compilación).

Las parcelas en coautoría, es el esfuerzo integrado que aglutina a todos los actores en función a los eslabones de las cadenas agroproductivas, previendo de manera permanente y sistemática la satisfacción de la demanda, necesidades y expectativas de todos los clientes (productores, comercializadores, agroindustriales, asistentes, extensionistas). Esta sinergia y esfuerzo está en concordancia con la política fundamental del cambio. (Aranzazu, 2000).

Las Entidades participantes en el proyecto de capacitación tecnológica en plátano a través de equipo y parcelas en coautoría, concluyó que, la concertación del paquete tecnológico sobre producción, cosecha, manejo poscosecha, industrialización y comercialización, y el diseño metodológico participativo para el productor y los multiplicadores, han dado la posibilidad de practicar y adoptar paso a paso todas las demandas del cultivo de plátano (Muñoz, 2001).

MATERIALES Y MÉTODOS

El desarrollo de la capacitación se llevó a cabo con la visión de "Capacitación en equipo" (Muñoz V. 2002), mediante la metodología semi - presencial y desescolarizada. Se complementó con el método de estudio de caso.

El eje de esta capacitación fue la práctica a través de "Parcelas demostrativas en coautoría" (Aranzazu, 2000) y el acompañamiento por parte del equipo de multiplicadores de las diferentes instituciones comprometidas con el proyecto.

Preselección de los beneficiarios: Se partió de

una invitación abierta a extensionistas y multiplicadores de las diferentes entidades que transfieren tecnología en plátano a productores, cultivadores y comercializadores. Se dieron a conocer las reglas de juego del proyecto y las características que debían reunir los participantes (productores con un objetivo comercial, ubicados en zonas óptimas para producción de plátano en el Quindío).

Implementación del equipo de capacitación por municipio (productores, equipo de multiplicadores): Se conformaron 11 equipos de capacitación situados en dos lugares: Cinco grupos trabajaron en la Granja Experimental el Agrado con promedio de 50 productores y seis grupos en cabeceras municipales con un promedio de 35 productores.

INICIO DE LA CAPACITACIÓN POR MÓDULOS

Se dictaron 12 módulos, uno por mes, con 20% del contenido en teoría y 80% en práctica:

Montaje de Parcelas en Coautoría: Se montó una parcela en coautoría en la Granja Experimental “El Agrado”, según protocolo y se replicó en las cabeceras municipales.

Seguimiento y evaluación del Proyecto: Se conformaron dos comités de seguimiento y asesoría: Comité Operativo, Comité Ejecutor.

Estrategia de seguimiento: Las visitas de asesoría y seguimiento a los beneficiarios del proyecto fueron prioritarias, con el objeto de apoyar y conocer el avance en cuanto al logro de los objetivos propuestos. Se realizaron a productores escogidos al azar (208) en cada municipio, se les aplicó una matriz de impacto (donde se identificó el problema, la causa y la recomendación), (Logros esperados y alcanzados) y la matriz de aplicación de tecnología.

Módulo I:	Sensibilización de productores “Hacia una nueva cultura de capacitación”.
Módulo II:	La planta de plátano, sus variedades y propagación.
Módulo III:	Sistema de producción y establecimiento del cultivo del plátano.
Módulo IV:	Manejo del suelo y sus malezas
Módulo VI:	Organización
Módulo VII:	Plagas
Módulo VIII:	Enfermedades del cultivo de plátano y su manejo integrado
Módulo IX:	Cosecha del cultivo de plátano
Módulo X:	Poscosecha del cultivo de plátano
Módulo XI:	Gestión empresarial
Módulo XII:	Comercialización de plátano

Tabla 1. Evaluación de alternativas tecnológicas en la parcela en coautoría.

Subparcela I	Subparcela II	Subparcela III	Subparcela IV	Subparcela V
Evaluación semillas de plátano Dominico Hartón.	Evaluación de alternativas de nutrición.	Evaluación de distancias y arreglos.	Evaluación alternativas para manejo de Picudo y nemátodos.	Evaluación alternativas para manejo de Sigatoka.
Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento
1. Testigo ♦ Semilla in vitro. ♦ Rebrote Inducido.	1. Testigo 2. Química más orgánica. 3. Orgánica	1. Testigo ♦ Sistema doble propósito. 1. Sistema intensivo.	♦ Control químico. ♦ Control biológico y cultural. ♦ Testigo, sin control.	1. Deshoje y/o despunte fitosanitario cada tres semanas. 2. Deshoje y/o despunte permanente. 3. Testigo.
Responsables	Responsables	Responsables	Responsables	Responsables
Productores Investigadores Auxiliares de investigación. SENA UMATA Comité de Cafeteros.	Productores Investigadores Auxiliares de investigación. SENA UMATA Comité de Cafeteros.	Productores Investigadores Auxiliares de investigación. SENA UMATA Comité de Cafeteros.	Productores Investigadores Auxiliares de investigación. SENA UMATA Comité de Cafeteros.	Productores Investigadores Auxiliares de investigación. SENA UMATA Comité de Cafeteros.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Capacitación en Equipo a través de Parcelas en Coautoría: Se sensibilizó a los productores en la metodología “Capacitación en equipo” factor esencial para alcanzar la sostenibilidad del proyecto hasta el final. Esto permitió la conformación de 14 equipos de productores de capacitación tecnológica en plátano, distribuidos en 9 municipios correspondientes a los departamentos del Quindío y Norte del Valle así: Calarcá 1, Armenia y Córdoba 2, Montenegro 2, Quimbaya 2, La Tebaida 1, Circasia 2. Los municipios de Caicedonia con tres grupos y Alcalá 1, que corresponden al Norte del Valle, recibieron del proyecto únicamente la capacitación.

Se implementó una metodología de trabajo en equipo que condujo a la participación activa de productores, comercializadores, transformadores, investigadores, extensionistas y las entidades comprometidas como Corpoica, SENA, UMATA del Quindío y Valle, Comité de Cafeteros del Quindío. Se observó un índice de deserción bajo (8.2%) entre productores y beneficiarios del proyecto de capacitación durante los 18 meses. De los asistentes, 41 no terminaron la capacitación continua. De los que terminaron 91.2% resaltan el proceso de sensibilización constante y el acompañamiento durante todo el desarrollo del proyecto por parte del equipo de capacitación. Esta metodología permitió formalizar un Convenio de Cooperación Técnica Interinstitucional entre Corpoica, SENA, Comité de Cafeteros y Asistentes Técnicos particulares, las opciones tecnológicas transferidas a través de la capacitación permitieron actualizar 751 beneficiarios del proyecto sobre los últimos resultados de la investigación en plátano en aspectos tales como: precosecha, poscosecha, gestión y comercialización.

Los productores son multiplicadores y capacitan la mano de obra de las fincas, reconociendo además, la importancia de la organización para trabajar y acceder a recursos importantes.

Aplicación de la Tecnología recibida a través de la Metodología: Con relación a la aplicación de la tecnología la práctica recomendada de mayor impacto entre los participantes fue el manejo integrado de plagas, 73% de ellos la aplican, siguiéndole en su orden el rebrote inducido aplicado por 66% de los productores y el destronque inmediato (49.8%).

Con la aplicación de Rebrote inducido se respondió a la necesidad de abastecerse de semilla sana, de buena calidad en sus propios cultivos, convirtiéndose en nodos de propagación de material apto para comercializar, proporcionando generación de ingresos adicionales por venta de semilla (\$ 500.00 por colino). Además, contribuyendo a prevenir la contaminación por Picudo.

El manejo integrado de plagas y enfermedades con énfasis en el uso de trampas por (100%) de los encuestados, la programación correcta de las labores culturales como deshojes sanitarios, despuntes y destronque, dieron respuesta a las pérdidas por plagas y enfermedades. Los usuarios aprendieron la sintomatología de las enfermedades comunes (Sigatocas) y reconocieron como plaga más importante a los picudo, identificando el momento oportuno para su control sin afectar el medio ambiente.

El manejo de las plagas y las enfermedades fue prioritario para todos los productores de la región de la Zona Central Cafetera, lo que obligó a organizar un seminario técnico al cual asistieron 417 personas representantes de toda la cadena agroproductiva.

Con relación al manejo del suelo, fertilización y nutrición los productores aprendieron sobre la importancia de hacer uso racional de los fertilizantes químicos de acuerdo al análisis del suelo. A conservar la fauna benéfica en el medio a través de un manejo integrado de las plagas y al aprovechamiento y cuidado del suelo por medio del asocio del cultivo de plátano con otros productos que igualmente generarán nuevos ingresos sin afectar el cultivo principal.

Parcela en coautoría: La parcela demostrativa en coautoría contó con un área de una hectárea y 5 subparcelas. Se logró la integración y compromiso de todos los actores tanto en la instalación como en el análisis del comportamiento del cultivo, definiendo los siguientes resultados:

En la subparcela No. 1, sobre oferta de semilla, decidieron tomar las alternativas de producción de semilla por “Rebrote inducido” por economía, sanidad y disponibilidad. En relación con la subparcela No. 2, sobre alternativas de nutrición, observaron y definieron que la mejor opción es utilizar fertilización química y orgánica de acuerdo con los resultados del análisis de suelo; se encontró que el peso del racimo es superior (29%)

sobre los demás. En cuanto a la subparcela No. 3, sobre las diferentes distancias y arreglos de siembra bajo condiciones agroecológicas de la zona cafetera del Quindío, optaron por el tratamiento dos, que hace referencia al sistema doble propósito (3.8 x 2 m), más cultivo semestral (Fríjol, maíz y yuca) porque no existe diferencia con los otros tratamientos en cuanto a días de siembra y cosecha, y porque es una opción para duplicar los ingresos. El tratamiento seleccionado en la subparcela No. 4 para manejo de Picudos fue el segundo (control biológico y cultural del Picudo Negro con aplicación de *Beauveria bassiana*, en dosis de 15 g de hongo esporulado en arroz precocido por trampa o sitio), teniendo en cuenta la sostenibilidad del medio ambiente y el costo. Con la subparcela No. 5 para el manejo de Sigatoka, seleccionaron al tratamiento 1 (Deshoje y/o despunte fitosanitario de hoja enferma cada tres semanas). Esta fue escogida porque no observaron diferencia entre éste y el tratamiento dos (Deshoje y/o despunte y control químico) en cuanto a peso de racimo. El tratamiento dos aumenta los costos, e incide en la contaminación por fumigación.

Poscosecha y comercialización: Los resultados sobre las prácticas en poscosecha y comercialización fueron muy discretos por la poca disponibilidad de tiempo que se le asignó en el Proyecto y a la relación que debe existir entre un adecuado manejo del cultivo desde su siembra hasta el momento de la cosecha, sin embargo, los participantes de los municipios de Caicedonia y Quimbaya aplicaron la tecnología en (86%) con énfasis en las labores de poscosecha y mercado para exportación, la razón de esta decisión, es la organización de los productores con visión empresarial a través de la Comercializadora Internacional de Quimbaya.

Así mismo, se observó que los asociados de APROPLAM implementaron el abanico completo de las alternativas tecnológicas, corroborando la situación anterior, la importancia de trabajar con grupos de productores organizados, proyectados a cultivos nuevos y homogéneos. En cuanto a fortalecimiento de organizaciones se trabajó con 6 dedicadas a la producción y comercialización, se observó poca receptividad en asociaciones de mercados informales tipo galería, debido a su propia cultura e inestabilidad.

Seguimiento: Las visitas de asesoría, seguimiento y evaluación a 208 productores que participaron directamente de la parcela en coautoría en la “Granja experimental el Agrado”, tuvieron en cuenta la permanente sensibilización, motivación y apoyo logístico para lograr la apropiación de los conocimientos impartidos en la capacitación, permitiendo superar 23% las visitas propuestas, haciendo sostenible el proyecto técnica y socialmente. Se encontró que de estos 153 adoptaron mínimo 4 de las recomendaciones. Además, del total de productores (504), adoptaron al menos una recomendación 332, sobresaliendo por 100% de los encuestados el control de Picudo a través de trampas, lo anterior explica la satisfacción a una demanda y/o problema sentido.

Difusión y publicaciones: Se realizaron tres grandes eventos de difusión para socializar los avances de la capacitación en equipo a través de parcelas en coautoría y reforzar los conocimientos, trascendiendo fronteras políticas y la demanda por este tipo de proyecto. El evento de mayor impacto fue el seminario técnico sobre “Manejo Integrado de Picudos y Sigatokas y Moko en Plátano”, el cual contó con 417 asistentes. La gran respuesta indica que cuando se satisface una necesidad y/o demanda el cliente no solo aprueba, sino que asegura un alto índice de aplicabilidad de la misma.

Además, se publicaron cuatro documentos (El Cultivo del Plátano – Manejo Integrado de Sigatokas, Moko y Picudo Negro del Plátano – El plátano, su cosecha y poscosecha - Manual Técnico para mejorar el Agronegocio del Plátano). El diseño, elaboración y entrega de un (1) tutorial de capacitación para multiplicadores de la tecnología, conformada por 11 módulos cada uno con un set de diapositivas y la guía facilitaron la adquisición de los conocimientos teóricos y la comparación práctica de parte de los asistentes, así mismo a los responsables del desarrollo de cada uno de los módulos.

CONCLUSIONES

La metodología de “Capacitación en Equipo a través de parcelas en coautoría” adaptada al tiempo del ciclo vegetativo del cultivo es una excelente alternativa de capacitación para productores y usuarios intermediarios.

El contenido técnico y práctico de la capacitación transferida es completo y calificado como excelente por las entidades y participantes debido a que permitió capacitar a los clientes en cada uno de los eslabones de la cadena agroproductiva de plátano.

La metodología participativa “Capacitación en Equipo” de Corpoica, la unión de los sectores académico, público, privado y comunitario, fueron los factores que aseguraron el éxito del proyecto. La confianza entre todos los clientes de la capacitación (productores, agroindustriales, comercializadores, técnicos, multiplicadores, tutores), la disciplina sobre todos los actores, el sentido de pertenencia con respecto al proyecto, el reconocimiento a las personas y diferentes organizaciones fueron los principales protagonistas del desarrollo alcanzado. Las actividades de sensibilización, clausura y graduación de asistentes tuvieron gran impacto, puesto que este fue un componente innovador dentro del proyecto.

RECOMENDACIONES

Esta metodología debe incluir siempre el proceso de sensibilización social con énfasis en la responsabilidad y compromiso de todos los actores (productores, agroindustria, comercializadores, comunidad académica y científica y entidades participantes) estableciendo unas reglas de juego claras y un proceso de seguimiento y asesoría permanente. Debe tener en cuenta las regiones agroecológicas potenciales para el producto, una preselección y selección de los beneficiarios desligando el factor político y caracterizando los asistentes de acuerdo con la tenencia, escolaridad y cargo dentro de la finca para obtener grupos homogéneos y asegurar un mayor nivel de adopción.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la Corporación colombiana de Investigación Agropecuaria “Corpoica”, al servicio Nacional de Aprendizaje SENA Regional Quindío, a las UMATAs del Quindío, al Comité Departamental de Cafeteros del Quindío, al Centro Experimental el “Agrado”, a los integrantes del Equipo de Transferencia de Tecnología, a los Investigadores del Plan Regional de Plátano de Corpoica Regional Nueve, por su apoyo y colaboración en la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- ARANZAZU, F. 2000. Artículo “Parcelas en Coautoría”. Manizales. 2 p.
- ARANZAZU, F. *Et al.* 2001. Capacitación y Transferencia de Tecnología para Contribuir al Mejoramiento del Agronegocio del Plátano en los Departamentos del Quindío y Valle del Cauca”. Armenia. 130 p.
- ARÉVALO, M. 1999. Orientaciones Metodológicas para desarrollar proyectos de Transferencia de Tecnología. Compilación. Bogotá. 18 p.
- ARÉVALO, M. 2000. Política de Comunicación. Traducción del Portugués, Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuarias. EMBRAPA. Bogotá. 35 p.
- CONTRERAS, L; VARGAS, F. 2001. Proyecto Capacitación y Transferencia de Tecnología para contribuir al Agronegocio del Plátano en el Departamento del Quindío. Informe Final. Armenia. 97p.
- CONTRERAS, L; VARGAS, F. 2001. Proyecto Capacitación y Transferencia de Tecnología para contribuir al Agronegocio del Plátano en el Departamento del Quindío. Matriz de Verificación de Adopción de Tecnología. Armenia. 98 p.
- FERNÁNDEZ, F. Capacitación de Adultos. Cali. p1.
- MOSAM, I. 1996. Documento de Trabajo Cultura Organizacional. Fundación Carvajal. Cali. 37 p.
- MUÑOZ, M. 1998. Manual del Facilitador. Cali. Compilación. 22p.
- MUÑOZ, C.I. 2001. Proyecto de Capacitación Tecnológica en Plátano a través de Parcelas en Coautoría. Manizales. 36p.
- PEDFRAZA, J.M. 1999. Proyecto Capacitación y Transferencia de Tecnología para Contribuir al Agronegocio del Plátano en el Departamento del Quindío. 35 p.

Actividades 2000-2002 del programa banano y platano del CIRAD-FLHOR

Activites 2000-2002 du programme bananiers, plantains et ananas du CIRAD-FLHOR

Thierry Lescot*, Jacky Ganry*, and Frédéric Bakry*

RESUMEN

El cultivo de banano y plátano esta caracterizado tanto para sus producciones para exportación como para sus producciones para mercados locales y autoconsumo. Las actividades del programa Banano y Plátano del CIRAD-FLHOR están organizadas alrededor de esos dos ejes principales. La organización de las actividades de investigación y de desarrollo esta localizada principalmente en dos polos de investigación : una basada en las Antillas francesas (Guadalupe y Martinica), la otra en Africa (Camerún) con el CARBAP (Centro Africano de Investigación sobre Banano y Plátano), en estrecha colaboración con los servicios y laboratorios centrales del CIRAD en Montpellier (Francia). Es a partir de esta red que la cooperación científica y técnica con los socios foráneos se organiza.

Las actividades sobre banano conciernan el desarrollo de técnicas novedoras para la cadena de exportación en los territorios franceses y los países ACP, con nuevos enfoques ligada a la preservación del medio ambiente y los nuevos requisitos de los consumidores, producción integrada, calidad y tecnología alimentaria, mejoramiento genético, economía. Las actividades sobre plátano y banano de consumo local conciernan el mejoramiento de los sistemas de producción y de consumo en Africa del Oeste y del centro, América Latina y Caribe, y Océano Indico : producción integrada, fitoprotección, mejoramiento genético, calidad y tecnología alimentaria, socio-economía.

Se expone unos resultados relevantes en unos de esos temas.

RÉSUMÉ

La culture bananière et de plantains est caractérisée tant pour la production d'exportation que pour les marchés locaux et l'autoconsommation. Les activités du programme Bananier et Plantain du CIRAD-FLHOR sont organisés autour de ces deux axes principaux. L'organisation des activités de recherche et de développement est structurée autour de deux pôles de recherche : un basé aux Antilles françaises (Guadeloupe et Martinique), l'autre en Afrique (Cameroun) avec le CARBAP (Centre Africain de Recherche sur Bananier et Plantain), en étroite collaboration avec les services et laboratoires centraux du CIRAD à Montpellier (France). C'est a partir de ce réseau que s'organise la coopération scientifique et technique avec les partenaires étrangers.

Les activités sur banane sont orientées sur le développement de techniques novatrices pour la filière d'exportation dans les département français d'outre-mer et les pays ACP, avec de nouvelles orientations liées à la préservation de l'environnement et les nouvelles attentes des consommateurs, production intégrée, qualité et technologie alimentaire, amélioration génétique, économie.

Les activités sur plantain et bananes de consommation locale concernent l'amélioration des systèmes de production et de consommation en Afrique de l'ouest et centrale, en Amérique Latine et Caraïbe, et dans l'Océan Indien : production intégrée, protection phytosanitaire, amélioration génétique, qualité et technologie alimentaire, socio-économie.

Quelques résultats intéressants ces thèmes sont exposés.

* CIRAD-FLHOR TA50/PS4 34398 Montpellier CEDEX 5 – FRANCIA. Teléfono : (33) 4 67 61 55 83 – Fax (33) 4 67 61 71 47 – Correo electrónico : thierry.lescot@cirad.fr

Resúmenes analíticos de la investigación sobre plátano en Colombia

Analytic abstracts on plantain research in Colombia

G. Cayón S.*; F. Salazar A.*

RESUMEN

En este documento bibliográfico se presentan los resúmenes de la mayoría de los trabajos colombianos sobre investigación y transferencia de tecnología en plátano, con un procesamiento analítico y sistematizado, con una interfase gráfica y menús interactivos y sencillos para la consulta, recuperación, manejo y comparación de la información bibliográfica. Los resúmenes, organizados y clasificados por áreas temáticas, presentan información condensada sobre tesis de grado y artículos científicos o técnicos que hayan sido publicados en libros, revistas, folletos, plegables, informes técnicos, manuales y otros medios convencionales. Cada resumen es un párrafo único que informa sobre los objetivos, metodología, resultados principales y conclusiones, con el propósito de dar a conocer las generalidades del trabajo de investigación y ayudar al lector en el interés sobre un tema específico y en la decisión de búsqueda y lectura completa del artículo. Las palabras claves adicionales (descriptores AGROVOC) tienen por objeto relacionar los diferentes temas y facilitar la catalogación y búsqueda de la información.

ABSTRACT

The summaries of most of the Colombian works, on research and transfer of technology in plantain with an analytical and systematized process, a graphic interphase as well as simple and interactive menus, for consultation, retrieval, management and comparison of the bibliographical information, are shown in this document. The summaries organized and classified by thematic areas, show condensed information on degree theses and scientific and technical articles, which have been published in books, journals, booklets, folding, technical reports, handbooks, and other conventional publishing media. Each summary is a unique paragraph which informs of the objectives, methodology, main results and conclusions, with the aim to present the generalities of the research work, and to help the reader in his (or her) interest on a specific theme, and in making up a decision of retrieval and complete reading of the article. The key words (describers AGROVOC) have as purpose, to relate the different topics, and to easy the listing and the information looking up.

I

INTRODUCCIÓN

Durante mucho tiempo, el cultivo del plátano (*Musa AAB* Simmonds) se caracterizó por ser reconocido como de regular prioridad, pese a su gran importancia social y económica, en términos de área sembrada, producción, generación de empleo e importancia en la dieta de la población. Solamente, en las postrimerías de los años 60, el Instituto Colombiano Agropecuario -ICA, inicia un Programa de Investigación que con el tiempo logra ser considerado de interés por parte de otras en-

tidades de carácter gubernamental y gremial. Simultáneamente, el mundo tropical cultivador de plátano emprende un programa de investigación basado en la cooperación entre las entidades gestoras de recursos económicos y las instituciones nacionales encargadas de la investigación agrícola. Colombia no es ajena a esta tendencia y se inicia el proceso de formulación de proyectos de investigación en colaboración con entidades internacionales de apoyo. Esta situación derivó en la generación de una considerable cantidad de infor-

* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, apartado aéreo 1807, Armenia, Quindío, Colombia. TeleFax: (576) 7496331. E-mail: gcayon@hotmail.com

mación técnica sobre el cultivo, la cual ha sido determinante para alcanzar conocimientos que han contribuido a mejorar la producción, rentabilidad y sostenibilidad de esta especie, colocando a Colombia a la vanguardia de los grupos de investigación de plátano en América Latina y El Caribe. Sin embargo, la estrategia de trabajo utilizada por los investigadores en nuestro país fue aislada y, en consecuencia, los resultados obtenidos no fueron suficientemente divulgados y conocidos.

El desarrollo vertiginoso de la ciencia y tecnología genera, al mismo tiempo, una gran cantidad de información disponible, a la cual se hace cada vez más difícil acceder usando los medios tradicionales de consulta. El acceso oportuno y rápido a esta información bibliográfica se convierte en un recurso indispensable que permite a los investigadores y planificadores estar actualizados sobre los avances de la ciencia, formular proyectos innovadores, evitar la iniciación de trabajos ya abordados por otros investigadores y utilizar eficientemente los recursos financieros para la investigación. La información técnica y científica que se ha generado alrededor del cultivo del plátano, puede ser considerada como relativamente baja, si se le compara con la existente en otras especies de importancia equivalente en el medio bibliográfico especializado en agricultura tropical, razón por la cual, no se le ha asignado el debido interés para su recopilación exhaustiva y para el procesamiento individual de su contenido. Esta situación exige que la comunidad interesada en conocer aspectos relacionados con el avance en diferentes temas, se vea obligada a consultar en más de una biblioteca, dirigiéndose por separado a cada referencia y por mecanismos de acceso distintos, con la consecuente pérdida de tiempo y recursos.

Estas razones impulsaron la tarea de rastrear metódicamente y reunir los resúmenes de los trabajos de investigación y transferencia de tecnología en plátano realizados por las instituciones nacionales y que se encontraban dispersos por toda la geografía bibliográfica del país. Desde luego, las dificultades de acceso a la generalidad de la información, hicieron quedar por fuera de esta aproximación algunos trabajos, no por decisión de los editores, sino por la ignorancia invencible de su ubicación actual, lo cual no demerita el producto obtenido, sino que, por el contrario, invita a que todos los interesados en el tema nos constituamos

en un equipo integral de búsqueda y actualización permanente de este logro inicial.

MATERIALES Y MÉTODOS

CORPOICA ha identificado, analizado y organizado los trabajos colombianos sobre investigación y transferencia de tecnología en plátano, con un procesamiento analítico y sintético, que proporciona los mecanismos modernos de la informática para su consulta y recuperación inmediata, precisa y confiable. Los resúmenes, organizados y clasificados por áreas temáticas, presentan información condensada sobre tesis de grado y artículos científicos o técnicos que hayan sido publicados en libros, revistas, folletos, plegables, informes técnicos, manuales y otros medios convencionales.

ÍNDICE DE AUTORES

Está organizado alfabéticamente por apellidos de los autores, seguido de uno o varios números que remiten a las referencias bibliográficas de los documentos analizados. Dicho número está ubicado en la parte superior de cada referencia bibliográfica. Este índice se utiliza para localizar las referencias y resúmenes cuando ya se conocen los autores personales o corporativos.

ÍNDICE DE DESCRIPTORES

Está organizado alfabéticamente por los descriptores (palabras claves) asignados de acuerdo al contenido de cada documento. Debajo de cada descriptor se encuentra uno o varios números que remiten a las referencias bibliográficas. Este índice permite la identificación de temas específicos de interés para el usuario.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El documento presenta 792 resúmenes analíticos de trabajos de investigación organizados y clasificados en 18 áreas temáticas (*agricultura en general, investigación agraria, economía, mercadeo, cultivo, propagación de plantas, arreglo y sistemas de cultivo, genética vegetal y fitomejoramiento, fisiología y bioquímica de la planta, crecimiento y desarrollo, plagas, enfermedades, malezas y su control, tecnología postcosecha, alimentación animal, fisiología y bioquímica animal, ciencia y manejo del suelo, métodos matemáticos y estadís-*

Elementos del Resumen

Sevan sea el tipo de documento, cada unidad bibliográfica recibe los siguientes elementos:

PUBLICACION PERIÓDICA (ARTÍCULOS EN REVISTAS)

Numero que identifica
cada telefonía telefónica

Ubicación de la publicación
en la Biblioteca Agronomía
Coahuilense y en otras Bibliotecas

A.15.05.0161.3.1.0000

Área de publicación

Palatine tonsils

Vol. 9, No. 7, 1979, p. 939-948.

0.81

* john.d@us.ibm.com

Lugar y país de publicación de la revista

Uyán, S. & W. C. P. Barreto & R. G. Viana. S. L. V. Pires & Mustafá, J. A. Asínc. Previsión, M.I.
1996. Actividad fisiológica de híbridos y clones de plátano y banano en relación con su
relación a la sintoma negra. En: Infectos y (Francia) v. 5 (20), p. 8-11. CGO Comercio,
Armenia y CGO B.M. Sanitade de Bogotá

**PHYSIOLOGY OF PLANT FUNCTIONS: TRANSPIRATION, STOMATA, MYCORRHIZAE, A
C. PHENOLIS, EISENBERG, W.A. & VAN DER MEULEN, C. (1980) J. L. JOHNSON**

Resumer

Se utilizaron las híbridos de plátano y banana desarrollados por la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) y los cultivares de referencia INTP (Internacional Musa Testing Program) sembrados en la localidad de Zabaletas, con un tipo de Rostro poblado (híbrido) a 1 430 m s.n.m., 1844 mm de precipitación anual, temperatura promedio 19.3 °C y 69.6 % de humedad relativa. Se estudió la relación funcional entre las tasas de intercambio gaseoso y la incidencia de la sigatoka negra (*Mycosphaella fijiensis*) en los híbridos FHIA y cultivares de referencia INTP. Se observaron reactividad fotosintética diferencial entre los materiales evaluados. Las mayores tasas de fotosíntesis bruta se presentaron en FHIA 1, FHIA 7, Pisang Lilin, Burmiana cítrica y MB Turi, y las menores en FHIA 3, FHIA 6, Manacense, Nivarna Yik y N8A 14. Las plantas con las más altas de fotosíntesis y mayor conductancia estomática, presentaron también mayor nivel de resistencia a la enfermedad. Los cultivares Nivarna Yik y Doña Mercedes Martín, clasificados como susceptibles, presentaron las menores tasas de fotosíntesis, pues esta tendencia no se cumplió en el material Manacense que, con una mayor tasa (11.16 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) fue clasificado como altamente resistente. La penetración mecánica del hongo estomático por parte del hongo causante de la sigatoka negra, comprendió no solamente el proceso de penetración mecánica, lo cual puede reflejarse en una alta incidencia de la fotosíntesis y la conductancia al perder las hojas su capacidad de regular el intercambio gaseoso de los estomas, como efecto preventivo, lo siguiente, es resaltar que el desarrollo de la enfermedad.

ticos). Cada resumen es un párrafo único que informa sobre los objetivos, metodología, resultados principales y conclusiones, con el propósito de dar a conocer las generalidades del trabajo de investigación y ayudar al lector en el interés sobre un tema específico y en la decisión de búsqueda y lectura completa del artículo. Las palabras claves adicionales (descriptores AGROVOC) tienen por objeto relacionar los diferentes temas y facilitar la catalogación y búsqueda de la información. El documento va acompañado de un disco compacto con una interfase gráfica y menús interactivos y sencillos para la consulta, manejo y comparación de la información bibliográfica presentada.

El documento es una obra de consulta para investigadores, profesores universitarios, estudiantes y todas las personas vinculadas a la Cadena

Productiva de Plátano, que puede servir de guía para estudiar variables no contempladas en las investigaciones realizadas, evitando así la iniciación de trabajos ya abordados por otros investigadores.

RECONOCIMIENTOS

La publicación de este documento bibliográfico fue posible gracias al apoyo financiero de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria –CORPOICA, de la Asociación para la Investigación en Plátano –ASIPLAT, y de la Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano –INIBAP, instituciones a las cuales expresamos nuestros agradecimientos por el aporte al desarrollo técnico-científico del cultivo del plátano en Colombia.

Asociación para la Cooperación en la Investigación del Banano en el Caribe y la América Tropical (ACORBAT)

CONSTITUCIÓN

SECCIÓN I - METAS, OBJETIVOS Y COMPOSICIÓN DE LA ASOCIACIÓN

ARTÍCULO 1: Por el presente se establece la Asociación para la Cooperación en la Investigación del Banano en el Caribe y la América Tropical (ACORBAT), bajo la Ley Francesa del 1º de julio de 1901. La oficina central de la Asociación estará inicialmente en Fort-de-Francia, Martinica, en un sitio a determinarse por su Junta Directiva. La oficina central puede trasladarse a cualquier otro sitio si la Junta Directiva así lo decide.

ARTÍCULO 2: Las metas y objetivos de la Asociación serán –

1. Recomendar cualquier estudio, investigación, análisis o experimento con el cultivo del banano en el Caribe y en la América Tropical, cuyo propósito sea mejorar el cultivo, manejo, empaque o procesamiento del mismo. La Asociación está facultada para:
 - (a) Subvencionar a instituciones científicas encargadas del mejoramiento de la industria bananera.
 - (b) Compensar a los investigadores cuyos estudios sobre el banano sean de utilidad para la industria.
 - (c) Conceder becas y ayudas a estudiantes que deseen especializarse en investigación del banano.
 - (d) Fomentar el intercambio de información y las reuniones entre investigadores del cultivo.
 - (e) Facilitar la aplicación práctica de los resultados de la investigación.
2. Promover la adopción de métodos y técnicas, diseñados para mejorar la calidad de la fruta y

estimular la aceptación, por parte de los consumidores, de bananos producidos por los países miembros de la Asociación.

ARTÍCULO 3: La Asociación será estrictamente una organización sin ánimo de lucro. Si la labor de la asociación genera beneficios, dichas ganancias se utilizarán para investigación, subvenciones, etc.

ARTÍCULO 4: La existencia de la Asociación será por término indefinido. La Asociación puede disolverse de acuerdo con las disposiciones de los Artículos 10, 15 y 17.

ARTÍCULO 5: Cualquier persona u organización será elegible para la condición de miembro en las siguientes categorías:

Afiliación de Miembro Honorario

Afiliación de Miembro Donante

Afiliación de Miembro Fundador

Afiliación de Miembro Activo

Afiliación de Miembro Honorario puede otorgarse por la Junta Directiva de la Asociación a cualquier persona que sea una autoridad reconocida en algún campo de la investigación bananera o cuyas acciones hayan contribuido al desarrollo de la investigación.

Afiliación de Miembro Donante puede otorgarse a individuos u organizaciones encargadas de promover el desarrollo de la industria bananera y que hagan un aporte financiero importante al sostenimiento de la Asociación.

Afiliación de Miembro Fundador puede otorgarse a individuos u organizaciones comprometidas en

la investigación bananera por su propia cuenta o por cuenta de otro, que hayan redactado o aprobado esta constitución, o a individuos u organizaciones que hayan promovido el establecimiento de la Asociación. Designados por nombre y país, éstos son los siguientes:

Guadalupe (Francia) – Instituto Francés de Investigaciones de Frutas de Ultra-mar (IFAC)

Guinea Francesa (Francia) – Instituto Francés de Investigaciones de Frutas de Ultra-mar (IFAC)

Jamaica – Departamento Bananero

Martinica (Francia) – Instituto Francés de Investigaciones de Frutas de Ultra-mar (IFAC)

Puerto Rico – Estación Experimental Agrícola, Universidad Puerto Rico

Surinam – Estación Experimental Agrícola

Trinidad y Tobago – Escuela de Agricultura, Universidad de las Antillas

Islas de Barlovento – Proyecto de Investigación del Banano de las Islas de Barlovento

Afiliación de Miembro Activo estará a disposición de cualquier otro individuo u organización que simpatice con los objetivos y propósitos de la Asociación.

Todas las solicitudes de afiliación serán aprobadas por la Junta Directiva. La afiliación estará sujeta al pago de cuotas anuales.

Cualquier miembro de la Asociación puede:

- (a) retirarse de la Asociación dirigiendo su renuncia al Director de la Junta;
- (b) ser tachado de la lista de miembros por la Junta Directiva por no pago de las cuotas o por motivos muy graves, pero no sin habersele brindado primero la oportunidad de ser oído por la Junta.

El fallecimiento, renuncia o destitución de un miembro no pondrá fin a la existencia de la Asociación, la cual continuará operando.

ARTÍCULO 6: Los Miembros Honorarios estarán exentos del pago de cuotas. La afiliación de miembro donante se otorgará a individuos u organizaciones que aporten una suma la cual, normalmente, no será inferior a US\$1.000,00. Las cuotas anuales de los Miembros Fundadores de la Asociación no serán inferiores a US\$200,00. Las cuotas anuales de los Miembros Activos de la Asociación serán US\$5,00.

Las cuotas anuales pueden cambiarse mediante decisión de la Junta Directiva.

SECCIÓN II - ADMINISTRACIÓN

ARTÍCULO 7: La Asociación estará presidida por una Junta Directiva compuesta de un representante de cada uno de los miembros fundadores y 4 miembros elegidos.

Los miembros elegidos de la Junta deben elegirse mediante votación en las asambleas generales. La elegibilidad para ser miembro de la Junta se restringirá a individuos y a los representantes de organizaciones que se hayan vinculado a la Asociación como miembros activos y pagado sus cuotas por un período no inferior a 12 meses y cuya nominación para elección en la Junta haya sido presentada por lo menos un mes antes de la Asamblea General.

Los miembros de la Junta ocuparán el cargo durante dos años. La mitad de los nombramientos en la Junta será renovable en intervalos anuales.

Serán elegibles para re-elección o re-nombramiento los miembros cuyo período en el cargo haya expirado.

ARTÍCULO 8: Los directivos de la Junta estarán conformados por un Director, un Subdirector, un Secretario y un Tesorero, quienes serán elegidos entre los miembros de la Junta. Estos directivos ocuparán el cargo durante 2 años.

Si el Director de la Junta no está en capacidad de cumplir sus obligaciones, puede delegar su poder o poderes en el Subdirector. Dicha delegación de poderes será siempre por un período definido el cual puede ampliarse si se requiere.

Si el Director de la Junta temporalmente no está en capacidad de delegar su autoridad, la Junta Directiva puede efectuar el nombramiento estipulado más arriba, pero con las mismas limitaciones.

ARTÍCULO 9: La Junta Directiva se reunirá por convocatoria de su Director o a solicitud de una tercera parte de sus miembros.

En cualquier reunión de la Junta constituirá quórum no menos de una tercera parte de los miembros. Las actas serán firmadas por el Director de la reunión y el Secretario.

ARTÍCULO 10: Todas las decisiones de la Junta serán aprobadas por la mayoría de miembros presentes y con derecho a voto.

No obstante, la Junta no podrá someter a consideración de la Asamblea General una resolución que recomiende la disolución de la Asociación o su fusión con otra asociación, salvo que haya sido aprobada con no menos del 50 por ciento de los miembros fundadores y 50 por ciento de los miembros elegidos.

ARTÍCULO 11: Todos los poderes requeridos para administrar la Asociación se confieren a la Junta Directiva.

Bajo esta Constitución, la Junta puede nombrar a su Director para representar la Asociación ante tri-

bunales de jurisdicción ordinaria y en negociaciones con terceros.

Será firmada por el Director de la Junta la evidencia documentaria de pagos, recibos, depósito o retiro de dineros en conexión con cualquier transacción concerniente a la Asociación.

No obstante, el Director no puede firmar papeles que tengan que ver con la transmisión o traspaso de propiedad raíz, sin la autorización previa de la Junta Directiva.

El Director puede nombrar al Subdirector o a cualquier otro Miembro de la Junta, con la aprobación de la Junta, para actuar en su nombre. Este poder de representación puede ser uno general o puede estar limitado a obligaciones o propósitos específicos. Los delegados así nombrados deberán reportar al Director acerca de las obligaciones que les fueron confiadas a ellos.

El Director será responsable del nombramiento y remoción del personal y sus condiciones de servicio.

ARTÍCULO 12: Los servicios del Director y los miembros de la Junta Directiva no serán remunerados.

SECCIÓN III - ASAMBLEAS GENERALES

ARTÍCULO 13: Asambleas Generales se celebrarán anualmente y concurrirán a ellas los miembros honorarios, los miembros donantes, los miembros fundadores y los miembros activos. Dichas asambleas serán convocadas por el Director de la Junta Directiva. La convocatoria de las asambleas se enviará por correo a los miembros con una anticipación mínima de dos meses a la fecha de la asamblea. Asambleas extraordinarias pueden convocarse por la Junta Directiva o a solicitud de una tercera parte de los miembros de la Asociación.

Los miembros pueden hacerse representar por un apoderado en las asambleas generales. Los apoderados serán miembros de la Asociación. Los nombramientos de apoderados se presentarán a la Junta Directiva antes de las asambleas. En cualquier caso constituirá quórum una tercera parte de los miembros.

A la Asamblea General Anual se presentará un informe del desarrollo de las operaciones de la Aso-

ciación y su situación financiera.

Los estados financieros para el cierre del año fiscal, todos los puntos incluidos en la agenda y los nombramientos en la Junta Directiva serán aprobados y discutidos en asambleas generales anuales. La fecha y lugar de la próxima asamblea general se fijarán también al mismo tiempo.

ARTÍCULO 14: Todas las decisiones serán aprobadas por la mayoría de los miembros presentes o representados en las asambleas.

Las actas de las reuniones serán firmadas por el Director y el Secretario.

ARTÍCULO 15: Enmiendas a la Constitución, la disolución recomendada de la Asociación o su fusión con otra asociación requieren la aprobación de los miembros que asisten a una asamblea general. Para aquellas asambleas generales en las cuales dichas propuestas se vayan a someter a la consideración de la Junta Directiva se convocará

con una anticipación no inferior a dos meses. La asistencia a dichas asambleas no será inferior al 50 por ciento de los miembros. Para aprobación, dichas resoluciones serán autorizadas, como mínimo, por dos terceras partes de los miembros presentes o representados mediante apoderado.

Cuando no pueda celebrarse una asamblea general por falta de quórum, puede convocarse de nuevo, pero no antes de un período de dos meses. Esta segunda asamblea se considerará debidamente constituida sin quórum o sin él; sus decisiones serán aprobadas por voto mayoritario.

SECCIÓN IV - RECURSOS DE LA ASOCIACIÓN

ARTÍCULO 16: Los recursos de la Asociación estarán constituidos por:

- (a) cuotas de los miembros
- (b) subsidios y subvenciones
- (c) contribuciones hechas por individuos u organizaciones
- (d) cualquier tipo de fondos generados por sus actividades y de acuerdo con su constitución

La implementación del presupuesto de la Asociación estará bajo el control de la Junta Directiva y,

en el intervalo entre sesiones de la Junta, más específicamente bajo el control del Director.

El año fiscal de la Asociación será el año calendario.

Se nombrarán auditores en las asambleas generales para auditar las cuentas de la Asociación. Los auditores presentarán su informe sobre las cuentas del último año fiscal a más tardar el 31 de julio. Los honorarios de los auditores los fijará la Junta Directiva.

SECCIÓN V – DISOLUCIÓN Y LIQUIDACIÓN

ARTÍCULO 17: De verse enfrentada la Asociación a una liquidación forzosa o voluntaria, se nombrarán uno o más liquidadores en una asamblea general y se le(s) conferirá(n) amplios poderes que lo(s) habiliten para cobrar dineros, pagar deudas y tramitar cualquier negocio requerido.

Si después de la liquidación quedaran activos, se designará(n) en una asamblea general como beneficiario o beneficiarios de dichos activos a una o varias instituciones de investigación establecida(s), o a establecerse, con metas y objetivos similares a los de la Asociación.

ARTÍCULO 18: La autorización para hacer declaraciones requeridas se confiere por el presente al portador del original de la presente constitución.

Reglamentos internos adoptados por la Junta Directiva en Jamaica, el 11 de julio de 1971, para la mejor interpretación de la Constitución en promover los objetivos de ACORBAT

1. Artículo 1: El término “Junta Directiva se reemplaza aquí y en lo sucesivo en la Constitución por la frase “Comité Administrativo”.

2. La oficina central de ACORBAT estará situada en IFAC, Apdo. Postal 153, Fort-de-Francia, Martinica.

3. Artículo 5: Afiliación de “Miembro Donante” se conocerá como Afiliación de “Miembro Corporativo”.

4. Afiliación de “Miembro Activo” se denominará también Afiliación de “Miembro Personal” o “Privado”.

5. Bajo Afiliación de Miembro Fundador
Proyecto de Investigación del Banano de las Islas de Barlovento

las palabras “Proyecto de Investigación” se reemplazarán por “Asociación de Productores de Banano de las Islas de Barlovento (WIBAN)”.

6. Artículo 6: Las cuotas de los Miembros Donantes (llamados ahora Miembros Corporativos) serán en lo sucesivo US\$200 al año.

7. Artículo 7: Elección de los miembros del Comité Administrativo. La segunda frase de este párrafo se cambia para que rece “Eligibilidad para formar parte del Comité estará restringida

-
- a individuos y a los representantes de organizaciones que se hayan vinculado a la Asociación y pagado sus cuotas durante un período no inferior a 12 meses y quienes hayan manifestado su disponibilidad de servir en el Comité”.
8. Artículo 8: El Director y el Subdirector se denominarán Presidente y Vicepresidente respectivamente.
 9. El Vicepresidente sucederá normalmente al Presidente en el cargo.
 10. Todos los directivos son elegibles para re-elección.
 11. La mitad del número de directivos se retirará cada año con el fin de asegurar la continuidad.
 12. Artículo 11: Los cheques para el retiro de fondos de la Asociación serán firmados por dos de los siguientes directivos: Presidente, Secretario, Tesorero.

I.T. Twyford
Presidente
15.9.71

ISBN 958-33-3905-9



9 789583 339059

Esta publicación se realizó con el apoyo de:



LÍDERES EN NUTRICIÓN VEGETAL

