

XVI REUNIÓN
INTERNACIONAL
ACORBAT
2004
OAXACA, MÉXICO

26 de Septiembre al 1 de Octubre del 2004
September 26 to October 1, 2004

EDITORES

Mario Orozco-Santos

José Orozco-Romero

Manuel Robles-González

Joaquín Velázquez-Monreal

Victor Medina-Urrutia

Jesús Alberto Hernández Bautista



XVI REUNION INTERNACIONAL ACORBAT 2004

Oaxaca de Juárez, Oaxaca; México

ESTRUCTURA ORGANIZATIVA

REPRESENTANTE INTERNACIONAL ACORBAT

Ing. Guzmán Carroz Chacín

ASESORES INTERNACIONALES ACORBAT

Dr. Ramiro Jaramillo Celis

Dr. Franklin Rosales E.

COMITÉ ORGANIZADOR

Humberto Pérez Morales

Presidente

Rafael Lara Villar

Vicepresidente

Gabriel Cue Sacre

Coordinación de Logística

Ing. Roberto Moreno Sada

Coordinación Financiera

C.P. Mario García Rodríguez

Coordinación Operativa

M.C. José Orozco Romero

M.C. Mario Orozco Santos

Coordinación Académica

Seferino Santos Pérez

Ignacio Gutiérrez Moreno

Coordinación actividades sociales

Roberto López Molina

Coordinador de Promocion y Divulgación

COMITE CIENTÍFICO

M.C. José Orozco Romero

Presidente

M.C. Mario Orozco Santos

Dr. Silvio Belalcazar Carvajal

M.C. Ulises Díaz Zorrilla

Ing. Jesús Alberto Hernández Bautista

M.C. Luis Carrasco Rey

M.C. Manuel Robles González

Dr. Joaquín Velásquez Monreal

M.C. Víctor Medina Urrutia

M.C. Ricardo José Zapata Altamirano

M.C. Arturo Vizcaíno Guardado

Dr. Octavio Pérez Zamora

M.C. Aarón Morfin Valencia

PREFACIO

Los bananos y plátanos son de gran importancia en los países en vías de desarrollo. Más de 400 millones de personas que habitan en los trópicos y subtrópicos dependen del cultivo de las musáceas. Las frutas de bananos y plátanos son un alimento básico, ya que son una fuente rica en vitaminas y minerales. Además, significan un ingreso económico relevante para muchos países productores al comercializarse tanto en los mercados locales como en los mercados de exportación.

En México se explota una superficie superior a las 77 mil hectáreas, distribuidas en las zonas tropicales y subtropicales de las costas del golfo de México y Océano Pacífico. Los estados productores son: Chiapas, Tabasco, Veracruz, Colima, Oaxaca, Nayarit, Michoacán, Jalisco y Guerrero.

La XVI REUNIÓN INTERNACIONAL ACORBAT 2004 retoma los principales objetivos de la Asociación para la Cooperación en Investigaciones del Banano en el Caribe y América Tropical (ACORBAT): 1) promover la adopción de métodos y técnicas, diseñadas para mejorar la calidad de la fruta y estimular su aceptación por parte de los consumidores de musáceas; y 2) recomendar cualquier investigación en los cultivos de Banano y Plátano en el Caribe y América tropical, cuyo propósito sea mejorar el cultivo, manejo, empaque o procesamiento de esta rica fruta. Las reuniones de ACORBAT son el máximo evento de musáceas y las de mayor convocatoria a escala mundial que permite reunir a personas relacionadas con cualquiera de los procesos de producción, empaque y comercialización del cultivo de bananos y plátanos. Durante una semana se reúnen productores, investigadores, académicos, agentes de cambio, inversionistas, comerciantes, vendedores de insumos, funcionarios de gobierno y de empresas primarias entre otros con el propósito de conocer los avances de investigación en este frutal, así como intercambiar experiencias para su mejoramiento e incremento de la productividad.

Durante estos dos años el comité organizador de la XVI REUNIÓN INTERNACIONAL ACORBAT 2004 y la Asociación Agrícola Local de Productores de Plátano de Tuxtepec, Oaxaca, trabajaron pensando en realizar una reunión académica de alto nivel y con una organización que respondiera a la confianza que depositaron, el comité directivo y los socios de ACORBAT INTERNACIONAL, en nosotros, los mexicanos, al brindarnos la oportunidad de ser los anfitriones de este magno evento.

Estas memorias son el reflejo del quehacer científico y tecnológico de los avances en algunos campos, como el mejoramiento genético, el manejo agronómico de plantaciones, la nutrición vegetal y la fitoprotección, así como el interés que tienen los países productores en el fortalecimiento de la investigación en bananos y plátanos como estrategias para superar los retos en el cultivo de las musáceas.

Nos sentiremos muy satisfechos, que todo este gran esfuerzo realizado para la organización del evento, se vea coronado con la capacitación y la transferencia de tecnología a los productores de plátano de todo el mundo.

Fue un honor recibirlos en la Ciudad de Oaxaca, Oaxaca, México; uno de los sitios más bonitos e históricos de nuestro país, la cual ha sido declarada por la UNESCO "patrimonio cultural de la humanidad".

Gracias por habernos dado la oportunidad de colaborar en el desarrollo del conocimiento de las musáceas. Sin embargo, nos sentiremos satisfechos hasta cuando ustedes hayan aplicado en su campo de trabajo las experiencias obtenidas en esta XVI Reunión Internacional de ACORBAT 2004.

COMITÉ ORGANIZADOR ACORBAT 2004

Presidente
HUMBERTO PEREZ MORALES

PREFACE

Bananas and plantains are very important in developing countries. More than 400 millions people living in countries from tropics and subtropics depend on this crop. Its fruit is a basic food commodity because it provides vitamins and minerals. Also this crop is a source of significant revenue for many producing countries that commercialize the fruit in local and international markets.

In Mexico bananas and plantains are grown in more than 77,000 ha that are distributed in the tropical and subtropical regions near the Gulf of Mexico and the Pacific Ocean. The producing states are Chiapas, Tabasco, Veracruz, Colima, Oaxaca, Nayarit, Jalisco and Guerrero.

The XVI ACORBAT INTERNATIONAL MEETING 2004 contemplated the main objectives of the Association for Cooperation in Banana Research in the Caribbean and Tropical America (ACORBAT): 1) to promote the adoption of methods and techniques designed for improving the fruit quality and to stimulate the acceptance of it by the musaceous consumers; and 2) to recommend the research on bananas and plantains in the Caribbean and Tropical America with the purpose of improving the crop, its management, and the fruit packaging or fruit processing. The ACORBAT meeting in the main event on Musaceae and also it is the most attended worldwide that allow to meet people related to any of the producing processes, fruit packaging or fruit processing of bananas and plantains. During a week producers, researchers, academics, technicians, inventors, traders, government and private enterprise officers, and others meet in order to know the research advances on this tropical crop as well as to share their experiences on it.

During these two years the Organizing Committee of the XVI ACORBAT INTERNATIONAL MEETING 2004 and the Asociación Agrícola Local de Productores de Plátano de Tuxtepex, Oaxaca, worked kipping in mind to accomplish an academic meeting at the highest level and having an organization process according to the requests of INTERNATIONAL ACORBAT that gave Mexicans the opportunity to be the hosts of this important event.

The Proceedings are the result of the scientific and technological research progress in the different areas such as plant breeding, agronomic management of plantations, plant nutrition, and plant protection, also they are the reflex of the interest that exists in those countries where banana and plantains are grown to strength the research as a strategy to solve the threats of this crop.

We will be very pleased when all the organization's efforts be crowned by training and technology transference to banana's producers around the world.

It was a pleasure to be your hosts in Oaxaca City that is one of the most beautiful and historical place of Mexico and declared "cultural patrimony of the humanity" by UNESCO.

Thanks for giving us the opportunity to contribute to the development of musaceous knowledge. However, we will feel satisfied when you are applying in your own occupation the experiences that you got in this XVI ACORBAT International Meeting 2004.

ORGANIZING COMMITTEE ACORBAT 2004

Chairman
HUMBERTO PEREZ MORALES

Contenido

Content

Contenu

SIMPOSIUM

MUSASEAS EN EL MUNDO: IMPORTANCIA, OPORTUNIDADES Y RETOS

- FUSARIUM WILT (PANAMA DISEASE) OF BANANAS: AN UPDATING REVIEW OF THE CURRENT KNOWLEDGE ON THE DISEASE AND ITS CAUSAL AGENT.** Luis Pérez-Vicente 1

MANEJO DE LA MARCHITEZ BACTERIANA O MOKO DEL BANANO Y EL PLATANO

- EL “MOKO” DEL PLÁTANO Y BANANO Y EL ROL DE LAS PLANTAS HOSPEDERAS EN SU EPIDEMIOLOGÍA.** Sylvio Belalcázar C.* Franklin E. Rosales y Luis E. Pocasangre 16
- PLANT BREEDING FOR RESISTANCE TO BACTERIAL WILT IN MUSACEAE.** Sebastião de Oliveira e Silva. José Clério Resende Pereira. Francisco Pinheiro Lima Neto. Adilson Kenji Kobayashi. 36

SIGATOKA NEGRA: UNA VISION AL FUTURO

- CONTRIBUCIONES DE LA GENÉTICA DE POBLACIONES DE *MYCOSPHAERELLA FIJIENSIS* AL ENTENDIMIENTO Y MANEJO DE LA SIGATOKA NEGRA EN LOS TRÓPICOS.** Galileo Rivas. 44
- MANEJO ALTERNATIVO DE *Mycosphaerella fijiensis* A TRAVES DE LA INDUCCION DE RESISTENCIA Y USO DE BIOPRODUCTOS.** 47
RESÍSTANCE INDUCTION AND BIOPRODUCTS AS ALTERNATIVE MANAGEMENT OF *Mycosphaerella fijiensis*. Riveros AS, FE Rosales y LE Pocasangre.
- IMPACTO Y MANEJO DE LA SIGATOKA NEGRA EN EL CULTIVO DE BANANO DE EXPORTACIÓN EN COLOMBIA.** Chica, R; Herrera, M; Jiménez, I ; Lizcano, S; Montoya, JA; Patiño, LF; Rodríguez, PA, Ruiz, LH 53
- IMPACT AND MANAGEMENT OF BLACK SIGATOKA IN BRAZIL.** Zilton JOSÉ MACIEL CORDEIRO; ARISTOTELES PIRES DE MATOS; SEBASTIÃO DE OLIVEIRA E SILVA; LUADIR GASPAROTTO; MARIA DE JESUS BARBOSA CAVALCANTE 63
- LA SIGATOKA NEGRA EN BANANOS Y PLATANOS: EL CASO DE MEXICO.** Mario Orozco Santos y José Orozco-Romero. 70
- LOGROS Y PERSPECTIVAS DE LA TRANSFORMACIÓN GENÉTICA EN BANANO.** 79
Miguel Angel Gómez Lim, José Antonio González Rodríguez, Juan Luis Ortiz Vargas, María Elena Aguilar Vega y Jorge Sandoval

MANEJO AGRONOMICO DE PLAGAS DE SUELO EN BANANO Y PLATANO

- LOS FITONEMATODOS DEL BANANO (*Musa* AAA SUBGRUPO CAVENDISH CULTIVARES GRANDE NAIN, VALERY Y WILLIAMS) SU PARASITISMO Y COMBATE.** M. Araya. Corporación Bananera Nacional (CORBANA S.A.) 84
- MANEJO ALTERNATIVO DE FITONEMATODOS EN BANANO Y PLATANO. ALTERNATIVE MANAGAMENT OF FITONEMATODES ON BANANA AND PLANTAIN.** L.E. Pocasangre, A.zum Felde, A. Meneses, C. Cañizares, A. S. Riveros, F.E. Rosales, R. . Sikora. Malavolta, A. Sánchez, O. Lavoranti y O. Rodríguez. 106

LA BIODEGRADACIÓN ACELERADA DE NEMATICIDAS NO-FUMIGANTES EN PLANTACIONES COMERCIALES DE BANANO (<i>Musa</i> AAA). M. Araya .CORBANA S.A.	113
REACION DE DIPLOIDES (AA) EN BANANO a <i>RADOPHOLUS SIMILIS</i>. Dilson Da Cunha Costa, Juvenil Enrique Cares, Antonio Carlos Gomes, Ravi Datt Sharma, Sebastião De Oliveira E Silva	126
PRODUCCION SUSTENTABLE DE BANANO Y PLATANO	
CALIDAD DE VIDA EN LA RIZOSFERA DEL BANANO: UNA VISION DE NUEVAS INICIATIVAS EN AMERICA LATINA. QUALITY OF LIFE IN THE BANANA RHIZOSPHERE: A VISION OF NEW INITIATIVES IN LATIN AMERICA. Rosales, Franklin E. y Ramiro Jaramillo.	131
DIAGNOSTICO Y RECOMENDACIÓN NUTRICIONAL Y DE RIEGO PARA BANANO EN EL TROPICO SECO. José Orozco-Romero, Mario Orozco-Santos y Octavio Pérez-Zamora.	137
USO DE MICORRIZAS EN BANANO: LOGROS Y PERSPECTIVAS. MYCORRHIZAE AND BANANA: CURRENT ACHIEVEMENTS AND PERSPECTIVES. M.C. Jaizme-Vega y A.S. Rodríguez-Romero.	143
SITUACIÓN INTERNACIONAL Y PERSPECTIVAS PARA EL MANEJO POSCOSECHA DE FRUTA DE BANANO: UN ENFOQUE DE TECNOLOGÍA COMERCIAL. Ing. Marco Vinicio Sáenz M.	161
ECOFISIOLOGÍA Y PRODUCTIVIDAD DEL PLÁTANO (<i>Musa</i> AAB Simmonds). ECOPHYSIOLOGY AND PRODUCTIVITY OF PLANTAIN (<i>Musa</i> AAB Simmonds). Daniel Gerardo Cayón Salinas.	172
GUIA DE CAMPO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES HÍBRIDOS DE BANANO Y PLÁTANO DE LA FHIA. FIELD GUIDE TO IDENTIFY MAIN FHIA BANANA AND PLANTAIN HYBRIDS. Álvarez, J. M. y F. E. Rosales.	184

NOTAS CIENTÍFICAS

MICROPROPAGACION (MICROPROPAGATION)

NUEVO MÉTODO PARA EL ESTABLECIMIENTO DE SUSPENSIONES CELULARES EMBRIOGÉNICAS EN PLÁTANO VIANDA (AAB). A NEW METHOD FOR ESTABLISHING EMBRYOGENIC CELL SUSPENSIONS IN PLANTAIN (AAB). López, J., R. Gómez; N. Montano; A. Rayas; M. Cabrera; A. Santos; D. Reinaldo; R. Trujillo; J. Ventura y H. Toledo.	185
INDUCCION DE CALLOS EN MUSA spp Y EL ESTABLECIMIENTO DE CELULA EMBRYOGENICA EN SUSPENSION. INDUCTION OF CALLUS IN BANANA MUSA spp AND ESTABLISHMENT OF EMBRYOGENIC CELL SUSPENSION. Morais, L. S; S. de O. Silva; J. A. Santos-Serejo.	186
PROTOCOLO PARA LA PROLIFERACIÓN DEL PLÁTANO (<i>Musa</i> AAB) CLON CEMSA ¾ EN BIORREACTORES DE INMERSIÓN TEMPORAL. PROTOCOL FOR PROLIFERATION OF THE PLANTAIN (<i>Musa</i> AAB) CLON CEMSA ¾ IN TEMPORARY IMMERSION BIOREACTOR. Cejas, I. Capote, I. Escalona, M. Noceda, C. Rodríguez, R. Cañal, M: J. Sandoval, J. Roels, S. Debergh, P.	187
EFFECTO DE LA DOSIS DE BENCIL AMINOPURINA SOBRE LA MULTIPLICACIÓN <i>in vitro</i> DE PLÁTANO 'DOMINICO' (MUSA AAB). EFFECT OF BENCYLAMINOPURINE DOSE ON <i>in vitro</i> PROPAGATION OF 'DOMINICO' BANANA (MUSA AAB). Ma. Hilda Pérez Barraza y Víctor Vázquez Valdivia.	188

FISIOLOGIA (PHYSIOLOGY)

- CONTRIBUCIÓN FISIOLÓGICA DE LAS HOJAS Y EL EPICARPIO DEL FRUTO DEL PLÁTANO HARTÓN (*Musa* AAB Simmonds) AL LLENADO Y CALIDAD DEL RACIMO, LOS CÓRDOBAS – COLOMBIA. *LEAVES AND EPICARP CONTRIBUTION OF THE HARTON BANANA FRUIT (MUSA; AAB) TO THE FILLING AND QUALITY OF THE RACEME. LOS CÓRDOBA COLOMBIA.* Barrera, V. J. L., Cayón, S. G. 189**

PRACTICAS DE CULTIVO (CROP MANAGEMENT)

- EFFECTO DE LA ALTA DENSIDAD DE SIEMBRA SOBRE EL PLÁTANO (MUSA AAB SUBGRUPO PLÁTANO CV. HARTÓN) EN FINCA DE PRODUCTOR, MUNICIPIO OBISPO, BARINAS, VENEZUELA. *EFFECT OF HIGH PLANT DENSITY ON PLANTAIN (MUSA AAB SUBGROUP PLANTAIN CV. HORN) ON A FARMER SITE, COUNTY OBISPO, BARINAS, VENEZUELA.* Delgado, E., Gómez, N, Gonzalez, O. y Marín, C. 190**
- EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SIEMBRA Y DISTANCIAS ENTRE PLANTAS EN LA PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE BANANO (*Musa* AAA cv Gran enano) EN REPÚBLICA DOMINICANA. Ventura, G. J. y Jiménez, R. A. 191**

RIZOSFERA, NUTRICION Y RIEGO (RIZOSPHERE, NUTRITION AND IRRIGATION)

- DIAGNOSTICO Y RECOMENDACIÓN NUTRICIONAL Y DE RIEGO PARA BANANO EN EL TROPICO SECO. Orozco, R, J; Orozco, S, M. y Pérez, Z, O. 192**
- PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA INTERPRETACIÓN DE LOS ANÁLISIS DE SUELOS Y HOJAS, EN EL PLÁTANO HARTÓN. *METHODOLOGICAL PROPOSAL FOR INTERPRETATION OF THE YIELD'S RELATED HORN PLANTAIN TISSUE AND SOIL ANALYSIS.* Rodríguez P, V., E. Malavolta, A. Sánchez, O. Lavoranti y O. Rodríguez. 193**
- PROPUESTA METODOLOGICA, PARA ANALIZAR DATOS PROVENIENTES DE BAJOS NIVELES DE MUESTREO EN PLATANO HARTON. *METHODOLOGICAL PROPOSAL FOR ANALYZING DATA FROM LOW SAMPLING LEVELS IN THE HORN PLANTAIN CROP.* Rodríguez P, V. 194**
- BALANCE NUTRICIONAL Y NÚMERO DE HOJAS COMO VARIABLES DE PREDICCIÓN DEL RENDIMIENTO DEL PLÁTANO HARTON. *NUTRITIONAL BALANCE AND NUMBER OF LEAVES AS VARIABLES FOR YIELD PREDICTION OF THE HARTON PLANTAIN.* Rodríguez P, V., A. da Silva, O. Rodríguez. 195**
- BALANCE NUTRICIONAL DE REFERENCIA DE SUELOS Y HOJAS, EN EL CULTIVO DEL PLÁTANO HARTON. *NUTRITIONAL BALANCE REFERENCE OF SOIL AND LEAVES, IN THE HORN PLANTAIN CROP.* Rodríguez P, V., E. Malavolta, A. Sánchez, O. Lavoranti. 196**
- RELACIÓN DEL DIAGNOSTICO NUTRICIONAL Y LA PRODUCCIÓN BANANERA EN LA ZONA DE URABÁ COLOMBIA. *RELATION OF NUTRITIONAL DIAGNOSTIC AND BANANAS PLANTATIONS PRODUCTION IN URABÁ COLOMBIA.* Maria Isabel Hernández-Pérez, John Jairo Mira-Castillo y Enrique Martínez Bustamante. 197**
- EFFECTO DEL HUMUS LIQUIDO DE LOMBRIZ (*Eisenia foetida*) EN LA PROPAGACION DE PLANTAS DE PLATANO (*Musa* AAB) Y BANANO (*Musa* AAA). *EFFECT OF THE LIQUID HUMUS OF WORM (Eisenia foetida) IN THE PROPAGATION OF PLANTAIN (Musa AAB) AND BANANA (Musa AAA) PLANTS.* Martinez G, Tremont O, Manzanilla E, Pargas R. 198**
- ABONADO ORGANICO PARA INCREMENTAR RENDIMIENTO EN BANANO *Musa* spp. *ORGANIC MATURE FOR INCREASE YIELD PRODUCTION IN BANANA.* Héctor Sanabria 199**

EVALUACIÓN DE <i>Flemingia macrophylla</i>, <i>Gliricidia sepium</i>, <i>Piper arieianum</i> COMO COBERTURAS DE CANALES EN PLANTACIONES BANANERAS. EVALUATION OF <i>Flemingia macrophylla</i>, <i>Gliricidia sepium</i> AND <i>Piper arieianum</i> AS CANALS PROTECTORS OF BANANAS PLANTATIONS. Díaz Carrillo José Vicente, Guarín Carlos Javier, Patiño Hoyos Luis Fernando, Montoya Londoño Miguel Ángel.	200
THE EFFECT OF NIR BOOSTER ON BANANA DISEASE, NUTRITION AND PRODUCTIVITY. EFECTO DE NIR BOOSTER SOBRE LA NUTRICION, PRODUCTIVIDAD Y MANEJO DE ENFERMEDADES EN BANANO. W.W. Ramclam.	201
EVALUACION DEL PROMIHUMUS PLUS^{MR} COMO MEJORADOR DE SUELOS PARA INCREMENTAR LA PRODUCCION DE BANANO (<i>Musa AAA</i>) EN EL SOCONUSCO, CHIAPAS, MEXICO. EVALUATION OF PROMI-HUMUS PLUS^{MR} LIKE SOIL IMPROVEMENT TO INCREASE THE PRODUCTION OF BANANA (<i>Musa AAA</i>) AT THE SOCONUSCO, CHIAPAS, MEXICO. Hernández, E. H.	202
REGULADORES DEL CRECIMIENTO, FERTILIZANTES, ACIDOS HUMICOS Y FULVICOS EN BANANO <i>Musa AAA</i> CV. GRAN ENANO. REGULATORS GROWTH, FERTILIZER, HUMIC AND FULVIC ACID IN BANANA <i>Musa AAA</i> cv. "GRAN ENANO" Sánchez, M. J.G. L. A. Ojeda E. M. Vidales E. E. Cavazos. A. V. Viveros B.	203
CALIDAD DE VIDA EN LA RIZOSFERA DEL BANANO: UNA VISION DE NUEVAS INICIATIVAS EN AMERICA LATINA. QUALITY OF LIFE IN THE BANANA RHIZOSPHERE: A VISION OF NEW INITIATIVES IN LATIN AMERICA. Rosales, F. E. y R. Jaramillo.	204
USO DE MICORRIZAS EN BANANO: LOGROS Y PERSPECTIVAS. MYCORRHIZAE AND BANANA: CURRENT ACHIEVEMENTS AND PERSPECTIVES. M.C. Jaizme-Vega y A.S. Rodríguez-Romero	205
EFFECT OF PLANT GROWTH PROMOTING MICROBIAL AGENTS ON GROWTH AND STRESS TOLERANCE OF BANANA PLANTS IN THE NURSERY AND PLANTATIONS. Eli Khayat, Nitzan Livni.	206
CONSUMO NUTRIMENTAL DEL BANANO EN EL AREA DEL SOCONUSCO, CHIAPAS. BANANA NUTRIENT DEMAND AT THE AREA OF THE SOCONUSCO CHIAPAS MEXICO. Lee , R. V. y J. N. M, Lerma.	207
LA MICROTOPOGRAFÍA Y LA TEXTURA EN EL SISTEMA BANANO. MICRORELIEF AND TEXTURE IN THE BANANA SISTEM. Castañeda Darío, Oberthur Thomas, Bolaños Sandra.	208
EFFECTO DE HUMEDAD DEL SUELO EN CRECIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTA DE BANANO (<i>Musa AAA</i> Simmonds cv. Gran Enano) EN COLIMA. EFFECT OF SOIL MOISTURE ON THE GROWTH AND FRUIT QUALITY OF BANANA (<i>Musa AAA</i> Simmonds cv. Gran Enano) IN COLIMA. Orozco R. J. O. Pérez Z. M. Orozco-Santos y M. M. Robles G.	209
FUNCIÓN DE RESPUESTA A LA HUMEDAD DEL SUELO Y NITRÓGENO EN EL RENDIMIENTO DE PLÁTANO EN COLIMA. RESPONSE SURFACE TO SOIL MOISTURE AND NITROGEN ON THE YIELD OF BANANA IN COLIMA . O. Pérez Z. y Orozco R. J.	210
EFFECTO DE LA HUMEDAD DEL SUELO Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL RENDIMIENTO DE BANANO (<i>Musa AAA</i> Simmonds cv. Gran Enano) EN COLIMA MÉXICO. SOIL MOISTURE AND NITROGEN FERTILIZATION EFFECT ON THE YIELD OF BANANA (<i>Musa AAA</i> Simmonds cv. Giant Dwarf) IN COLIMA MEXICO. Orozco R. J; O. Pérez Z; M. Orozco-Santos. y M. Robles G.	211
FITOSANIDAD (PLANT PROTECTION)	
ENFERMEDADES DE BANANOS Y PLATANOS (<i>Musa spp</i>) EN MÉXICO. BANANA AND PLANTAIN (<i>Musa spp</i>) DISEASES IN MEXICO. Orozco-Santos, M. Orozco-Romero, J. Velásquez-Monreal, J. Manzo-Sánchez, G. y Guzmán-González, S.	212
LA SIGATOKA NEGRA EN BANANOS Y PLATANOS: EL CASO DE MEXICO. BLACK SIGATOKA OF BANANAS AND PLANTAINS: THE CASE OF MEXICO. Mario Orozco-Santos y José Orozco-Romero.	213

ANALISIS DEL IMPACTO ECONOMICO SOBRE EL CULTIVO DEL PLATANO EN PUERTO RICO ANTE LA POSIBLE INTRODUCCION DE LA SIGATOKA NEGRA (<i>Mycosphaerella fijiensis</i>). ECONOMIC IMPACT ANALYSIS ON THE PLANTAIN COMMODITY IN PUERTO RICO DUE TO A POSSIBLE INTRODUCTION OF BLACK SIGATOKA (<i>Mycosphaerella fijiensis</i>).	214
Alamo, C.I. M. Cortés y J. Palacios.	
OBTENCIÓN DE LAS PRIMERAS POBLACIONES F₁ DE <i>Mycosphaerella fijiensis</i> PARA EL MAPEO GENETICO. CONSTITUTION OF THE FIRSTS F₁ POPULATIONS OF <i>Mycosphaerella fijiensis</i> FOR GENETIC MAPPING.	215
Manzo-Sánchez G. Zapater M.-F, James A. y Carlier J.	
DEGRADACION ENZIMATICA DE LA PARED CELULAR DEL HONGO <i>Mycosphaerella fijiensis</i> MORELET. ENZYMATIC DEGRADATION OF CELL WALLS OF <i>Mycosphaerella fijiensis</i> MORELET.	216
Riveros A.S. J.A Borja. y L.G. Díaz.	
ASPECTOS MORFO-ANATÓMICOS Y MOLECULARES DE LA INFECCIÓN “IN VITRO” DE PLANTAS DE PLÁTANO CV. HARTÓN (AAB) POR EL HONGO <i>Mycosphaerella fijiensis</i>. MORFOANATOMICAL AND MOLECULAR ASPECTS OF “IN VITRO” INFECTION OF PLANTAIN CV. HARTON, BY THE FUNGUS <i>Mycosphaerella fijiensis</i>.	217
García, E. de, A. Mejías, T .E. Vargas, A. Ramírez.	
DIVERSIDAD GENETICA DE <i>Mycosphaerella fijiensis</i> EN BANANOS CULTIVADOS CON DIFERENTE MANEJO. GENETIC DIVERSITY OF <i>Mycosphaerella fijiensis</i> IN BANANAS CULTIVED WITH DIFFERENT MANAGEMENT.	218
Manzo-Sánchez, G. Orozco-Santos, M. y Guzmán-González, S.	
VARIABILITY OF <i>Mycosphaerella fijiensis</i> POPULATIONS IN CUBA. DURABILITY OF THE PARTIAL RESISTANCE OF FHIA HYBRIDS TO BLACK SIGATOKA.	219
Michel Pérez and Luis Pérez.	
IDENTIFICACIÓN DE GENES DE BANANO INVOLUCRADOS EN LA RESPUESTA A INFECCIÓN POR <i>Mycosphaerella Fijiensis</i> Morelet. IDENTIFICATION OF BANANA GENES INVOLVED IN HOST RESPONSE TO INFECTION BY <i>Mycosphaerella Fijiensis</i> Morelet.	220
Ramírez-López, A.C. y M.A. Gómez-Lim.	
EVALUACIÓN TEMPRANA DE RESISTENCIA A LA SIGATOKA NEGRA EN PLATANO. EARLY RESISTANCE EVALUATION AGAINST BLACK SIGATOKA IN PLANTAIN.	221
Riveros, A. S; F. E. Rosales y J. E. Sandoval.	
COMPORTAMIENTO EN CAMPO DE PLANTAS TRANSFORMADAS DE BANANO Y PLÁTANO PORTANDO GENES QUIMÉRICOS PARA LA RESISTENCIA A SIGATOKA NEGRA (<i>M. fijiensis</i>). BEHAVIOR IN FIELD OF BANANA AND PLANTAIN TRANSFORMED PLANTS CARRYING CHIMERIC GENES FOR THE RESISTANCE TO BLACK SIGATOKA (<i>M. fijiensis</i>).	222
Rafael Gómez Kosky, Borys Chong Pérez, Idalmis Bermúdez Caraballos, Yelenis Alvarado Capo, Michel Leiva Mora, Jorge López Torres, José M. Machado, Orelvis Portal Villafañá, Rony Swennen, László Sági and Lazaro Hernández.	
TRANSFORMACIÓN GENÉTICA DE PLÁTANO (<i>Musa</i> AAB, SUBGRUPO PLÁTANO CV. CURRARÉ) EMPLEANDO MULTIPLES GENES ANTIFÚNGICOS. GENETIC TRANSFORMATION OF PLANTAIN (<i>Musa</i> AAB, SUBGRUPO PLÁTANO CV. CURRARÉ) USING MULTIPLE ANTIFUNGAL GENES.	223
Perea, I. Pantoja M. C, Ortiz J. L. Rosales F. E. Aguilar M. E. y M. Gómez L.	
ESTRATEGIAS DE MANEJO INTEGRADO DE LA SIGATOKA NEGRA EN PLÁTANO CV. ‘BARRAGANETE’ (<i>Musa</i> AAB) EN EL ECUADOR. INTEGRATED PEST MANAGEMENT OF THE BLACK SIGATOKA IN PLANTAIN cv. ‘BARRAGANETE’ (<i>Musa</i> AAB) IN ECUADOR.	224
D. Vera ¹ C. Suárez-Capello & C. Belezaca.	
EVALUACION DE CULTIVARES DE PLATANO TOLERANTES A SIGATOKA NEGRA EN NAYARIT. EVALUATION OF BANANA CULTIVARS TOLERANT TO BLACK SIGATOKA IN NAYARIT.	225
Víctor Vázquez Valdivia, María Hilda Pérez Barraza y José Orozco Romero.	
MANEJO ALTERNATIVO DE <i>Mycosphaerella fijiensis</i> A TRAVES DE LA INDUCCION DE RESISTENCIA Y USO DE BIOPRODUCTOS. RESISTANCE INDUCTION AND BIOPRODUCTS AS ALTERNATIVE MANAGEMENT OF <i>Mycosphaerella fijiensis</i>.	226
Riveros A. S. F. E. Rosales y L. E. Pocasangre.	

EVALUACIÓN EN CAMPO DEL POTENCIAL ANTIFUNGICO DE EXTRACTOS DE PLANTAS SOBRE <i>Mycosphaerella fijiensis</i> EN BANANO. FIELD EVALUATION OF PLANT EXTRACTS ANTIFUNGIC POTENTIAL ON <i>Mycosphaerella fijiensis</i> IN BANANA. Diana Polanco, Alba Stella Riveros y Mauricio Guzmán.	227
EXTRACTOS VEGETALES, UNA OPCIÓN EN EL CONTROL DE LA SIGATOKA NEGRA. PLANT EXTRACTS, A GOOD OPTION FOR BLACK SIGATOKA CONTROL. Obledo E. N; A.S. Hernández-Rosales; M.L. López-Orué.	228
SERENADE (<i>Bacillus subtilis</i> cepa QST 713) FUNGICIDA BIOLOGICO, UNA NUEVA ALTERNATIVA EN EL MANEJO INTEGRADO DE LA SIGATOKA NEGRA (<i>Mycosphaerella fijiensis</i>). SERENADE BIOFUNGICIDE (<i>Bacillus subtilis</i>, strain QST 713), A NEW ALTERNATIVE FOR INTEGRATED BLACK SIGATOKA (<i>Mycosphaerella fijiensis</i>) MANAGEMENT IN BANANAS. Navarro, M. ¹ , Manker D. ² y Edgecomb D. ³	229
EFFECTO DE NIR-BOOSTER Y VIGOR-CAL-PHOS SOBRE LA SIGATOKA NEGRA Y EL CRECIMIENTO DE BANANO. EFFECT OF NIR-BOOSTER AND VIGOR-CAL-PHOS ON BLACK SIGATOKA AND GROWTH OF BANANA. Pasberg-Gauhl, C. Jacomé, L. and H. Cubero.	230
EFFECTS OF NIR-BOOSTER ON PLANT GROWTH AND MITIGATION OF BLACK SIGATOKA DISEASE AND NEMATODES ON BANANAS. EFECTO DE NIR-BOOSTER SOBRE EL CRECIMIENTO DE LA PLANTA Y SOBRE EL MANEJO Y REDUCCION DE SIGATOKA NEGRA Y NEMATODOS EN BANANO. Jácome, L. H. and H. Cubero.	231
EFFECT OF VIGOR CAL PHOS™ (VCP) ON MITIGATION OF BLACK SIGATOKA DISEASE ON BANANAS. EFECTO DE VIGOR CAL PHOS (VCP) SOBRE EL MANEJO DE LA SIGATOKA NEGRA EN BANANO. Jácome, L. H., R. Blanco, and J.L. Galindo.	232
EFFECTO DE NIR-BOOSTER SOBRE CRECIMIENTO Y PRODUCCION EN BANANAS Y EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA EN COSTA RICA. Bernardo Moya and Hugo Cubero Rojas y Hugo Carrillo Montero.	233
CONTROL DE SIGATOKA NEGRA (<i>Mycosphaerella fijiensis</i>) EN BANANO CON APLICACIONES DEL FUNGICIDA PYRIMETHANIL. BLACK SIGATOKA CONTROL (<i>Mycosphaerella fijiensis</i>) IN BANANO WITH FUNGICIDE PYRIMETHANIL SPRAYS. Orozco-Santos, M., Pérez-Zamora, O. y Orozco-Romero, J.	234
EFICACIA DEL EXIT COMO COADYUVANTE PARA EL CONTROL DE <i>Mycosphaerella fijiensis</i> EN BANANO. EFFICACY OF EXIT AS COADYUVANT FOR <i>Mycosphaerella fijiensis</i> DISEASE CONTROL IN BANANAS. Vanderlaan, P.W. y Pastor, F.	235
EVALUACION DE LA RESISTENCIA CRUZADA DE SPIROXAMINA Y PYRIMETHANIL CON OTROS FUNGICIDAS DE USO EN BANANO. EVALUATION OF THE CROSS RESISTANCE OF SPIROXAMINE AND PYRIMETHANIL WITH OTHER FUNGICIDES THE USE IN BANANAS. Roberto Gonzalez Q.	236
IDENTIFICACIÓN DE CEPAS DE <i>Mycosphaerella fijiensis</i> RESISTENTES A BENOMIL USANDO LA REACCIÓN EN CADENA DE LA POLIMERASA PCR. Cañas, G. P., Rodríguez, E., Patiño, L.F. y Arango, R.E.	237
Monitoreo de Sensibilidad de fungicidas a <i>Mycosphaerella fijiensis</i> en Ecuador. MONITORING OF FUNGICIDES SENSIBILITY TO <i>Mycosphaerella fijiensis</i> IN ECUADOR. Héctor Calle, John Washington, Jenny Vergara	238
SENSIBILIDAD A FUNGICIDAS EN POBLACIONES DE <i>Mycosphaerella fijiensis</i> MORELET. ANÁLISIS GLOBAL. SENSITIVITY TO FUNGICIDES IN <i>Mycosphaerella fijiensis</i> MORELET POPULATIONS. GLOBAL OVERVIEW. M. Guzmán, S. Knight, H. Sierotzki, G. Franceschi y I. Alon	239
7th MEETING OF THE FRAC BANANA WORKING GROUP. Miami, 11-12 February 2004. 7a REUNIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO DE BANANO DE FRAC. Miami, 11-12 DE Febrero Del 2004. K. Heinz Kuck, A. Kroneberg, G. Zuninga, K. Stoermer, A. Boebel, R. Gonzalez, R. Guendel, A. Martinez, R. Blanco, F. Gauhl, J. Sandoval, D. Marin, J. F. Rodriguez, G. Leandro, H. Calle, B. Sheppard, M. V. Blanco, J. Gonzalez, T. Arroyo, L. Jacome, G. Yopez, H. Sierotzki, M. Guzman, E. Bureau, and M. J. Garcia.	240

NUEVO MÉTODO PARA LA DIFERENCIACIÓN A NIVEL FOLIAR DE LA RESISTENCIA A <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cubense</i>. NEW METHOD FOR THE DIFFERENTIATION OF RESISTANCE TO <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cubense</i> OF LEAF LEVEL. Companioni B., N. Mora, L. Díaz, A. Pérez, M. Arzola, P. Espinosa, M. Hernández, J. Ventura, M. C. Pérez, R. Santos y J. C. Lorenzo.	241
DISTRIBUCIÓN E INCIDENCIA DEL MOKO <i>Ralstonia solanacearum</i> Raza 2 EN EL CULTIVO DE PLÁTANO (<i>Musa AAB</i> Simmonds) EN EL DEPARTAMENTO DEL META COLOMBIA. DISTRIBUTION AND INCIDENCE OF MOKO CAUSED BY <i>Ralstonia solanacearum</i> race 2 IN PLANTAIN (<i>Musa AAB</i> Simmonds) CROP IN THE DEPARTMENT OF META. Gerardo José Salcedo Herrera, Celsa García Domínguez, Alfonso Martínez Gamica.	242
ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE <i>Ralstonia solanacearum</i> raza II, CAUSANTE DE LA MARCHITEZ BACTERIAL DEL BANANO. ALTERNATIVES FOR MANAGEMENT OF <i>Ralstonia solanacearum</i> raza II CAUSING OF BACTERIAL WILT BANANO DISEASE. Martínez, B. L.	243
MANEJO ALTERNATIVO DE FITONEMATODOS EN BANANO Y PLÁTANO. ALTERNATIVE MANAGAMENT OF FITONEMATODES ON BANANA AND PLANTAIN. L.E. Pocasangre, A. Zum Felde, A. Meneses, C. Cañizares, A. S. Riveros, F.E. Rosales, R. . Sikora	244
EFFECTO DE <i>Paecilomyces lilacinus</i> EN EL MANEJO INTEGRADO DE NEMATODOS PARÁSITOS EN PLÁTANO “DOMINICO HARTÓN” <i>Musa AAB</i>. EFFECT OF <i>Paecilomyces lilacinus</i> IN THE INTEGRATED MANAGEMENT OF PARASITIC NEMATODES IN PLANTAIN “DOMINICO HARTÓN” <i>Musa AAB</i>. Castrillón A. C; M.J. Botero; J.E. Cardona; C.F. Urrea; L.E. Zuluaga; H. Morales . G. Alzate	245
INFLUENCIA DEL GRADO DE TECNIFICACION DE LAS FINCAS SOBRE LAS POBLACIONALES DE FITONEMATODOS EN PLÁTANO cv. BARRAGANETE, EN ECUADOR. INFLUENCE OF THE TECHNOLOGICAL LEVEL ON THE POPULATION DENSITIES OF PLANT PARASITIC NEMATODES IN BARRAGANETE PLANTAIN, IN ECUADOR. Randy Rivera, Carmen Suárez, Danilo Vera, Carlos Belezaca & Mike Ellis.	246
EFFECTO DE NEMATICIDAS SOBRE LA POBLACIÓN DE <i>Radopholus similis</i> EN BANANO Y SU IMPACTO SOBRE OTRAS PLAGAS EN EL TRÓPICO SECO DE MÉXICO. EFFECT OF NEMATICIDES ON <i>Radopholus similis</i> POPULATION IN BANANA AND ITS IMPACT ON OTHER PESTS IN THE DRY TROPIC OF MEXICO. Farías-Larios, J. y Orozco-Santos, M.	247
<i>Amauta cacica</i> (LEPIDOPTERA, CASTNIIDAE), NUEVA PLAGA DEL PLÁTANO EN LAS ESTRIBACIONES ANDINAS DEL NOROCCIDENTE ECUATORIANO. <i>Amauta cacica</i> (LEPIDOPTERA, CASTNIIDAE), A NEW PEST IN PLANTAIN, IN THE ANDEAN NORTHWEST ECUADORIAN SLOPES. Flowers, W., Belezaca, C., & Echeverría, F. y Williams, R.	248
DISTRIBUCIÓN DE LOS ESTADOS INMADUROS DE <i>ANTICHLORIS VIRIDIS</i> DRUCE DENTRO DE LA PLANTA DE PLÁTANOS (<i>MUSA AAB</i>, SUB – GRUPO PLÁTANO, CV. HARTÓN) EN EL SUR DEL LAGO DE MARACAIBO, VENEZUELA. INTRAPLANT DISTRIBUTION OF IMMATURES LIFESTAGES OF <i>ANTICHLORIS VIRIDIS</i> DRUCE (LEPIDOPTERA: ARCTIIDAE) ON PLANTAIN (<i>MUSA AAB</i>, SUB – GROUP PLANTAIN, CV. HARTÓN) IN THE SOUTH OF LAKE MARACAIBO, VENEZUELA. Liscano, Ch. O. y Dominguez, G. O.	249
PREFERENCIA DE <i>Frankliniella parvula</i> (Thysanoptera:Thripidae) POR ALOJARSE Y OVIPOSITAR EN EL BANANO, ATRAÍDOS POR EL ESPECTRO DE LOS COLORES DE CINTAS PARA IDENTIFICACIÓN. PREFERENCE OF <i>Frankliniella parvula</i> (Hood) (Thysanoptera:Thripidae) FOR LODGING AND OVIPOST ON BANANAS, ATTRATED BY THE COLOR SPECTER OF THE IDENTIFYING RIBBONS. C.M. Uquillas, y P. Aguilar.	250
CRÍA DE <i>Colaspis submetallica</i> Jacoby PLAGA DEL FRUTO DEL BANANO, EN CONDICIONES DE LABORATORIO. REAR OF <i>Colaspis submetallica</i> Jacoby, BANANA FRUIT PEST, IN LABORATORY CONDITIONS. Robinson Arley Gaviria Pamplona y Paola Andrea Rodríguez Gaviria.	251
COMBATE DE MALEZAS POACEAS EN EL CULTIVO DEL BANANO (<i>Musa AAA</i>) EN LA ZONA ATLÁNTICA DE COSTA RICA. Rodríguez A. M.; R. Agüero.; M. González.	252
MANEJO RACIONAL DE MALEZAS DE HOJA ANCHA ASOCIADAS AL CULTIVO DEL BANANO (<i>Musa AAA</i>). Rodríguez A.M.; R. Agüero.; M. González.	253
TOXICIDAD POTENCIAL AL BANANO (<i>Musa AAA</i>) DE HERBICIDAS POSTEMERGENTES APLICADOS SOBRE CORTES DE DESHIJA. Rodríguez A. M.; R. Agüero, M. González.	254

GENETICA Y EVALUACION DE GENOTIPOS (GENETICS AND EVALIATION OF GENOTYPES)

- CONSTRUCCION Y CARACTERIZACION DE LA PRIMERA BIBLIOTECA GENOMICA BAC BINARIA DE *Musa acuminata* TUU GIA. CONSTRUCTION AND CHARACTERIZATION OF THE FIRST BINARY BAC GENOMIC LIBRARY FROM *Musa acuminata* TUU GIA.** Ortiz Vázquez Elizabeth, Kaemmer Dieter, Rodríguez Mendiola Martha, Arias Castro Carlos y James Kay Andrew 256
- CLONACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ADN COMPLEMENTARIO DE LA POLIFENOL OXIDASA DE BANANO (*Musa acuminata*) cv. ENANO GIGANTE. CLONING AND CHARACTERIZATION OF POLYPHENOL OXIDASE cDNA OF BANANO (*Musa acuminata*) cv. ENANO GIGANTE.** Herrera, F. M., B. H. Chf, E. Castaño y L. C. Rodríguez-Zapata. 257
- ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD GENÉTICA INDUCIDA EN PLANTAS DE 'CAMBUR MANZANO' (*Musa sp.*) MEDIANTE MARCADORES RAPD. ANALISYS OF INDUCED GENETIC VARIABILITY IN 'CAMBUR MANZANO' PLANTS (*Musa sp.*) BY RAPD MARKERS.** Pérez V., A. Silva, M. Vidal e I. Trujillo 258
- ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA EN BANANOS Y PLÁTANOS (*Musa spp*) EN CUBA. GENETIC DIVERSITY IN BANANA AND PLANTAIN (*Musa spp*) IN CUBA ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA.** María Isabel Román; Clara González; Xonia Xiqués; Maruchi Alonso; Rosa Acosta; Teresa Ramírez; Lianet González; Francisco Dueñas; Marilyn Valdés. 259
- USO DE MARCADORES RAPD PARA LA CARACTERIZACION DE CLONES DE MUSA AAA PROPAGADOS IN VITRO QUE PRESENTARON DIMORFISMO FOLIAR. USE OF RAPD MOLECULAR MARKERS TO CHARACTERIZE MUSA AAAA CLONES PROPAGATED IN VITRO WHICH HAD LEAF DIMORPHISM.** Efraín G. Salazar, José G. Surga, Darío Torrealba y Luis Castro. 260
- FERTILIZACIÓN EN VITRO DE BANANO PARA LA OBTENTION DE HYBRIDS EN 'GRAN NAINE'. IN VITRO FERTILIZATION OF BANANA FOR THE OBTAINMENT OF 'GRAND NAINE' HYBRIDS.** Soares, T. L., Santos-Serejo, J. A., Souza, A. S., Silva, S. O. 261
- EFFECTO DE LA COLCHICINA EN IN VITRO EN LA REGENERACION DE BANANERA. EFFECT OF COLCHICINE IN IN VITRO BANANA REGENERATION .** Santos-Serejo, J.A., S.O. Silva, C.V. Moreira, S. Teles. 262
- MUTANTES DE *MUSA* INDUCIDOS POR LA RADIACIÓN GAMMA. MUSA MUTANTS INDUCED BY GAMMA RADIATION.** Santos-Serejo, J.A., S.O. Silva, D.L. Dias. 263
- ESTUDIO Y EVALUACIÓN FENOLOGICA DE CUATRO CLONES FHIA (*Musa*) BAJO CONDICIONES DE BOSQUE SECO TROPICAL. STUDY AND PHENOLOGICAL EVALUATION OF FOUR CLONES (*MUSA*) UNDER TROPICAL DRY FOREST CONDITIONS.** José G. Surga ; Sacramento Magaña; Indhira Dorantes ; Miguel Belloso : Adalberto Delgado. 264
- CARACTERÍSTICAS REPRODUCTIVAS Y PRODUCTIVAS DE CLONES DE MUSÁCEAS RESISTENTES A *Mycosphaerella fijiensis* EN YARACUY, VENEZUELA. PHENOLOGICAL AND PRODUCTION CHARACTERISTICS OF *Musa* resistant clones to *Mycosphaerella fijiensis* IN YARACUY, VENEZUELA.** Giomar Blanco, Julitt Hernández, Alfonso Ordosgoitti, Gustavo Martínez, Alexis Pérez y Edward Manzanilla. 265
- EVALUACIÓN DE VARIEDADES FHIA (*Musa*), MEDIANTE UN INDICE DE VIGOR EN BOSQUE SECO TROPICAL. EVALUATION OF FHIA VARIETIES (*MUSA*) THROUGH A VIGOR INDEX IN TROPICAL DRY FOREST.** José G. Surga; Sacramento Magaña; Adalberto Delgado; Miguel Belloso. 266
- EVALUACION AGRONOMICA DE DOS CLONES DE TOPOCHO (*Musa* grupo ABB, subgrupo Bluggoe) EN LAS ISLAS CANARIAS. AGRONOMICAL EVALUATION OF TWO CLONES OF TOPOCHO (*Musa* ABB group, Bluggoe subgroup) IN THE CANARY ISLANDS.** Cabrera Cabrera, J., Galán Saúco V. y M.A. Díaz Perez. 267
- EVALUACIÓN DE GERMOPLASMA MEJORADO DE PLATANO Y BANANO EN TABASCO, MÉXICO. VALUATION OF IMPROVED BANANA AND PLANTAIN GERMOPLASM IN TABASCO, MEXICO.** Ramírez, S.G., P.F. de la Cruz, S., A. Flores, R. y J.C. Rodríguez. C. 268

PARÁMETROS DE CALIDAD EN FRUTOS DE VARIEDADES FHIA (<i>Musa</i>) BAJO CONDICIONES DEL EDO. ARAGUA, VENEZUELA. QUALITY PARAMETERS IN FRUITS OF FHIA VARIETIES (<i>Musa</i>) UNDER ARAGUA STATE, VENEZUELA. Piña, G., G. Laborem, J. Surga, S. Magaña, A. Delgado y M. Belloso	269
---	------------

TELEDETECCION (TELEDETECTION)

ESTIMACIÓN DEL AREA FOLIAR DE BANANO EMPLEANDO IMÁGENES DE BAJA ALTITUD. LEAF AREA ESTIMATION IN BANANA USING AERIAL IMAGES. Castañeda Dario, Oberthur Thomas, Bolaños Sandra, Mejía Camilo.	270
---	------------

POSTCOSECHA (POSTHARVEST)

SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA EL EFLUENTE DEL CURADO DE CORONAS DE BANANO EN URABÁ-COLOMBIA. SISTEM FOR WASTEWATER OF TANNED PROCES CROWN TREATMENT IN THE BANANA PRODUCCIÓN FROM URABÁ-COLOMBIA. Mauricio Valencia Hernández Luis Fernando Patiño Luis Heraclio Bermúdez.	271
---	------------

EFFECTO DE LAS BAJAS TEMPERATURAS EN LA CALIDAD POSTCOSECHA DE FRUTOS DE PLÁTANO (<i>MUSA SAPIENTUM</i>) FHIA-01. LOW TEMPERATURES STORAGE AND POSTHARVEST QUALITY OF FHIA-01 BANANA FRUIT. Gutiérrez, M. P y Ávila P. R. C.	272
---	------------

EFFECTOS DE TRATAMIENTOS POSTCOSECHA SOBRE LA PROLONGACIÓN DE LA MADURACIÓN DEL BABY BANANO. (<i>MUSA ACCUMINATA</i>). POSTHARVEST TREATMENTS EFFECT OVER THE RIPENING DELAYED OF BABY BANANA (<i>MUSA ACCUMINATA</i>) . Castro , B. M. y L.P. Restrepo.	273
---	------------

TECNOLOGIAS PARA EL SECADO DE PLATANO ROATAN Y DISMINUIR O EVITAR EL USO DE BISULFITOS. TECNOLOGIES TO AVOID SODIUM BISULFITE IN DRYING BANANA. Julio Sánchez Ramírez, Sadoth Sandoval Torres, Lilia Méndez Lagunas y Juan Rodríguez Ramírez.	274
--	------------

ESTUDIO DE LA EXPRESION DIFERENCIAL DE GENES INVOLUCRADOS EN LA MADURACION DEL BANANO (<i>Musa spp. cv. Gran Enano</i>). Manrique-Trujillo, S.M., Gómez-Lim M.A.	275
---	------------

THE EFFECT OF XTEND® BAGS ON EXTENDED SHELF LIFE AND SUGAR CONTENT IN "CAVENDISH" BANANA FRUIT. Yolanta Saks, Alexander Semanenco, Assaf Shachnai, Nataly Vinokour and Eli Khayat.	276
---	------------

SUBPRODUCTOS DE MUSACEAS (SUBPRODUCTS OF MUSACEOUS)

VALORACIÓN DE LAS PROPIEDADES CICATRIZANTES DE LA CÁSCARA DE PLÁTANO (<i>Musa paradisiaca</i>). VALUATION OF CICATRIZANTS PROPERTIES OF BANANA SHELL (<i>Musa paradisiaca</i>). Canales-Aguirre A.A., Gómez-Pinedo U., Padilla-Camberos E., Salado-Ponce J.H.	277
--	------------

FIBRAS NATURALES A PARTIR DE LOS RESIDUOS NO APROVECHADOS EN LA PLANTA DE PLÁTANO. NATURAL FIBERS STARTING FROM RESIDUALS NOT BEEN USED IN THE PLANT OF PLANTAIN. Gañan, P., Zuluaga. R., Villa, C., Hincapie, D. Resrepo, A, Yepes, J.	278
--	------------

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA (TECHNOLOGY TRANSFERENCE)

PROGRAMA ESTRATEGICO DE INVESTIGACION Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA PARA LA CADENA AGROALIMENTARIA DE BANANO Y PLATANO EN MEXICO. STRATEGIC PROGRAM OF RESEARCH AND TRANSFERENCE OF TECHNOLOGY FOR THE AGRO-ALIMENTARY CHAIN OF BANANA AND PLANTAIN IN MEXICO. Carrasco, L. L. R.; V. Gómez V.; J. M. Ramírez A. y N. Peña C.	279
--	------------

RESULTADOS DE INVESTIGACION EN EL CULTIVO DEL PLATANO EN NAYARIT. RESEARCH RESULTS ON BANANA IN NAYARIT. Victor Vázquez Valdivia y María Hilda Pérez Barraza	280
---	------------

SOCIOECONOMIA (SOCIOECONOMY)

Caracterización socioeconómica y tipología de los pequeños productores de Plátano (<i>Musa AAB</i> subgrupo plátano cv. <i>Hartón</i>). Caso: Municipio Obispo, Barinas. SOCIO-ECONOMIC CHARACTERIZATION AND TYPOLOGY OF SMALL PLANTAIN FARMERS (<i>MUSA AAB SUBGROUP PLANTAIN CV. HORN</i>). CASE: COUNTY OBISPO, BARINAS.	281
Delgado E., Paiva R. y Marín C.	
PREFERENCIAS DEL CONSUMIDOR DE PLÁTANOS EN PUERTO RICO. <i>PLANTAIN CONSUMER PREFERENCES IN PUERTO RICO.</i>	282
Mildred Cortés y Leticia Gayol	



Symposium Symposium Symposium



FUSARIUM WILT (PANAMA DISEASE) OF BANANAS: AN UPDATING REVIEW OF THE CURRENT KNOWLEDGE ON THE DISEASE AND ITS CAUSAL AGENT

Luis Pérez-Vicente

Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV). Ministerio de Agricultura de Cuba. Gaveta 634, 11300, Playa, Ciudad Habana, Cuba.

Email: lperezvicente@sanidadvegetal.cu ; lperezvicente@hotmail.cu

ABSTRACT

Fusarium wilt of banana or Panama disease caused by *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* (*Foc*) is one of the most economic important and harmful diseases of *Musa*. During the first half of the last century was the cause of destruction of more than 50 000 ha of Gros Michel and the substitution for Cavendish cultivars together with important transformations of the banana export industry. A few years after the excellent published review of R.H. Stover in 1962 the disease was coming to halt. From then, an important knowledge has been gained on the diversity of *Foc* and its probable origin. This came out through the application of the Vegetative Compatibility Groups (VCG) technique to *Foc* and later by different molecular techniques. The believe that Cavendish cultivars can be attacked only in the subtropics, led to the large banana export companies to made important investments on Cavendish plantations in the Philippines, Peninsular Malaysia and Indonesia at beginnings of the 90's. Many millions were lost due to the new Cavendish aggressive strain VCG 01213 ("tropical race 4"). A review is carried out in the present paper of the present knowledge on the structure of *Foc* populations, the reaction of varieties against different VCGs and the possible defense mechanisms involved as well as the possibilities of the management through chemical and biological control procedures emphasizing the need of prevent the entry of the aggressive strains to America's and the role of the quarantine services of the National Plant Protection Organizations.

INTRODUCTION

The history on the Fusarium wilt (Panama) disease of banana and plantains caused by *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* (*Foc*) has been comprehensively reviewed by Stover (1962 b), Ploetz (1990 c) and more recently by Ploetz and Pegg (2000).

The first description of Fusarium wilt of banana and plantains was by Bancroft (1876) in Australia, who was unaware that was dealing with a disease today widely recognized as one of the most destructive in the history of world agriculture. The disease was again reported in 1890 in Central America (Ashby, 1913). Has been estimated that between 1890 and the mid 50's more than 40,000 ha of the cultivar Gros Michel (AAA) were destroyed (Stover, 1962 b). The Cavendish cultivars were only reported affected in the subtropics. The currently arising of *Foc* tropical race 4 (GCV 01213-01216) has caused important losses in plantations of Malaysia and Indonesia: more than 8 million of plants on traditional plantations and more than 5,000 ha of commercial Cavendish plantations has been affected with annual losses over 75 millions USD with effects on family income of thousands of workers and farmers (Masdek et al., 2003; Nasdir, 2003). Its potential introduction to the Cavendish plantations of America would have a great economic and social impact.

At the beginnings of the last century an important increment of the number of reports of the disease occurred mostly related to export commercial plantations. The global distribution of the disease has an important anthropogenic component; as the infected rhizomes are frequently free of symptoms, is not unusual that *Foc* were introduced into new areas with conventional plantation material (Ploetz y Pegg, 2000). Although the disease is well known because its economic impact on industry, it should be taken into consideration than only 21% of the world banana production is exported (68 million ton was produced in 2002; FAOSTAT data, 2004) and hence, the 80% of the production is locally consumed. The impact of the disease in subsistence agriculture are not so well documented and probably could not be as high as that reported by the industry of banana export in the last century. It is however important for small growers in Brazil [with a wide consumption of Prata types (AAB) highly susceptible to the disease], South and Central America, South East Asia and Africa.

Disease distribution is highly related to the introduction of new cultivars to the growing areas (Stover, 1962 b). The cultivar Manzano (Silk, AAB) was introduced to the West Indies before 1750 as a shadow plant in cacao and coffee plantations and its presence indicates the establishment of *Fusarium* wilt. *Fusarium* wilt epidemics were related to the increment of Gros Michel demand by import countries and to the own disease effect. The lost of plantations productivity determine the use of new areas free of the disease. The cycle of planting and abandon impulses the disease distribution. Based on the written records, the history of *Fusarium* wilt in the Western Hemisphere is unclear.

The first official report of the disease in Cuba was by Smith (1910). Johnston (1915), reported that the cultivars Gros Michel, Manzano and Burro Criollo (Bluggoe, ABB), were already severely infected in 1910, although there are antecedents of the presence of *Fusarium* wilt in Manzano since the last years of XIX Century. The distribution of the disease was highly related to the introduction of diseased material in free areas. The management practice relies exclusively in the destruction of affected areas and the replacement of the cultivar Gros Michel by Robusta (Cavendish subgroup, AAA). With the wide adoption of the Cavendish cultivars, the disease lost its economical importance lasting confined to the cultivars Manzano and Burro Criollo in small grower's plots and houses backyards. Due to the impact of Black Sigatoka in the costs of production, 12000 ha of FHIA hybrids with partial resistance to the disease has been introduced in substitution of the susceptible Cavendish banana and 63,000 ha of Burro CEMSA (Cardaba type BBB, according Valmayor et al., 2000 and Stover and Simmonds, 1987) and Pisang awak (ABB, susceptible to the disease) in substitution of the plantains (Pérez et al., 2002). In localities with conducive soils re-emergent outbreaks of *Fusarium* wilt has been reported in the cultivars Burro CEMSA, FHIA 03, FHIA 18 and Pisang awak (Pérez et al., 2004 a).

Fusarium wilt occurs in Africa in four areas: the Canary Island, West Africa, South Africa and East Africa. In Canary Island and South Africa Foc race 4 affect Cavendish and all isolates belong to VCG 0120 suggesting a common origin (Stover, 1990). In West Africa from Zaire to Ghana *Fusarium* wilt there were epidemics on Gros Michel during fifties of last century; now occurs sporadically on the remaining plantations of Gros Michel. *Fusarium* wilt spread in East Africa has been related to the distribution of cultivars Pisang awak and Bluggoe (AAB, highly susceptible) introduced after the Second World War (Stover, 1962 b). Currently there are reports of the disease affecting highland banana AAA (Tushemereirwe, 1992).

The currently arising of *Foc* tropical race 4 (GCV 01213) and the damages caused by the disease in highland AAA cultivars in East Africa, renewed the interest in *Fusarium* wilt and drawn the attention to the great variation that exist within and between populations of *Foc*.

FUSARIUM WILT SYMPTOMS

Foc causes a typical wilt syndrome on the infected plants accompanied by the necrosis and rotting of roots, rhizome and pseudostem vessels. First external symptoms in susceptible plants are the appearance of pale green streaks on the base of the petiole and the brown-reddish discoloration of the vessels under the epidermis of the petiole two weeks in advance of the most typical symptoms. These symptoms appear between 2 and 5 months after infection of roots (Stover, 1962 b). Two syndromes can develop afterward (Stover, 1959 b): the yellow leaf syndrome (yellowing of the oldest leaves that progress from the bottom to the upper leaves until remain green the unfurled leaf of the plants, process that can take a couple of weeks) and the non-yellow leaf syndrome (when the leaves remain green except by the presence of the streaking of petiole and the falling of them because petiole collapse and folding) difficult to distinguish from the fallen of leaves by the effect of the wind or other causes. The unfurled leaf can frequently show some necrosis that is a symptom of *Fusarium* wilt if there is no presence of head rot by *F. moniliforme*. Eventually, all the leaves of the plants folds and die. Pseudostems can remain stand up by 1 or 2 months. In active growing plants it is possible to observe the splitting of the pseudostem just over the soil level. First symptoms of the disease occurred in hair roots that are the initial places of infection and after progress to the rhizome being more accentuated in the limits of the cortex and central cylinder in the more vascularized area. The pathogen passes through the affected vessels to the new growing shoot. The most characteristic symptoms of the disease are the brown-reddish discoloration of the internal vessels of the pseudostem. The oldest leaf sheaths can show brownish streaks (Ploetz y Pegg, 2000). New emerging leaves can be shorter than normal and there are not internal fruit symptoms.

Fusarium wilt can be readily distinguished from Bacterial wilt by *Ralstonia solanacearum* by the absence in the former of: a) symptoms in young shoots of less of 4-5 months of age, b) of internal symptoms in the fruits and c) of bacterial exudates when the pseudostems of the affected plant are cut across.

VARIABILITY OF *FOC* POPULATIONS

It had been assumed that *Foc* originated in Asian region and subsequently dispersed to African and America as the host moving to new regions (Stover, 1962 b, Ploetz, 1990 b). Edible bananas originated in Asia and are now growing in virtually all area located between 30°N and 30°S latitudes. Fusarium wilt has been reported from all banana growing regions of the world except South Pacific Islands, Somalia and Mediterranean countries.

In the last fifteen years important amount of research has contributed to a better understanding of the variability, phylogenetic relations and evolution of the pathogen using phenetic and genetic characters. Numerous methods has been used to characterize *Foc* including pathogenicity (Stover and Waite, 1960; Stover, 1962 b; Su et al., 1977 and 1986; Stover and Buddenhagen, 1986); vegetative compatibility (VCG; Ploetz and Correll, 1988; Ploetz, 1990 a y b; Brake et al., 1990; Leslie, 1990 and 1993; Moore et al., 1993; Pegg et al. 1993; Hernandez et al., 1993; Battle and Pérez, 1999; Ploetz and Pegg, 2000), volatile aldehydes production over the space of rice cultures (Brandes 1919; Stover 1962 a; Moore et al., 1991, Battle and Perez, 2003), electrophoretic karyotyping (Miao, 1990; Boehm et al., 1994), DNA restriction fragment polymorphism (RAPD-PCR, RFLP, AFLP analysis, Bentley and Bassam, 1996; Koenig et al., 1997; Bentley et al., 1998; Groenewald et al., 2004), nucleotide sequence data of nuclear and mitochondrial genes (O'Donnell et al., 1998).

Pathogenic races of *Foc* are not genetically defined and are only groups of isolates that attack differential cultivars. Four races have been previously defined. Stover (1959), Waite (1953), Stover and Waite (1960) and Stover (1962 a y b), reported two races on the base of pathogenicity in Manzano and Gros Michel (race 1) and to Bluggoe (race 2). Race 3 was isolated from *Heliconia* (Waite, 1963) which is currently questioned if it could be considered in the formae specialis *cubense* due to the last findings on *Heliconia* and *Musa* genetic dissimilarities. Race 1 almost destroyed banana export industry based on Gros Michel (AAA) and was the cause of the almost disappearance of the cultivar Manzano (subgroup Silk, AAB) in Cuba. Finally, race 4 attacks Cavendish cultivars and most of the cultivars that are also susceptible to races 1 and 2 (Su et al., 1977 and 1986; Stover and Simmonds, 1987; Stover, 1990). Before the recently outbreaks in Southeast Asia, Cavendish cultivars had only be attacked in subtropical production areas of Canary Islands, South Africa, Taiwan and Australia, where the cold winter predispose Cavendish to damage that would not normally occurs (Waite, 1953; Stover and Malo, 1972). More recently, a unique population of the pathogen VCG 01213-01216 is responsible for the affected Cavendish (Grand Nain, Williams and Valery) monocultures in tropical peninsular Malaysia and Indonesia (Sumatra, Java, Halmahera) where there are not factors of predisposition (Pegg et al., 1994; Pegg et al., 1996; Bentley et al., 1998). Pisang mas (AA, syn. Sucrier), Pisang berangan (syn. Lakatan) and other cultivars which are resistant to Fusarium wilt in other locations are also affected in these areas.

There are evidences that do exists more pathogenic races that those so far recognized and that if more differentials were used in pathogenicity tests under controlled conditions new pathotypes would be recognized (Stover and Buddenhagen, 1986; Ploetz, 1994, Pérez et al., 2003 and 2004 b). Some isolates are pathogenic to Gros Michel as well as to Bluggoe en Florida (Ploetz y Bentley 2001). Pérez et al. (2004 b), find out different responses of reaction of the cultivars Pelipita and Pisang lili to single conidia isolates of the *Foc* race 2 (pathogenic to Bluggoe) belonging to the VCG 0124 and 0128 (table 4). Pisang awak has been reported susceptible to race 1 (Ploetz, and Pegg, 1990) but has shown susceptibility to race 2 isolates in Cuba (Pérez et al., 2004 b).

Volatile aldehyde production has been used to differentiate between isolates of *Foc* (Brandes 1919, Stover 1962 b; Moore et al., 1991). Brandes (1919) report that *Foc* isolates can be grouped by the production or not of volatile aldehyde in the head space above the rice cultures [which Stover (1962 a) classified as odoratum or inodoratum respectively]. Moore et al. (1991), found a direct relation between pathogenicity, VCG and volatile production; cultures belonging to VCG 0124, 0125 and 0128 of pathogenic races 1 and 2 do not produce volatile whereas those belonging to race 4 VCGs 0120, 129 and 01211 gave identical chromatograms peaks and speculate that the genes conferring race 4 virulence are linked to those governing volatile production. Battle y Pérez (2003) found that Cuban *Foc* isolates of race 1 and 2 can indistinctly produce or not volatiles (table 1).

Heterokaryon formation is a way by which normally haploid fungi can benefit from a functional diploidy as are the complementation and heterosis and is the first step of a parasexual cycle for transmission of characters (Leslie, 1993). The fungi capable of develop such heterokarions are named vegetative compatible. Vegetative compatibility has result a useful technique to studying the relationship between asexually reproducing fungi such as *Foc*. The technique was developed by Cove (1976) and refined by Puhalla (1985) and Correll et al. (1987). Since vegetative compatibility requires that alleles at least 10 loci (*vic* loci) be identical (Puhalla and Spieth,

1985), member of a vegetative compatibility group are usually clonally derived and close genetically related. There have been classified twenty VCGs or VCG complexes (Table 2) in *Foc* (Ploetz y Correll, 1988; Ploetz, 1990 a, b and c; Brake et al., 1990; Moore et al., 1993; Pegg et al., 1993). Bentley et al. (1998) reported 14 new genotypes that not group in any of the previously known VCG.

Vegetative compatibility is useful for grouping genetically similar isolates but do not provide information on the genetic relatedness between incompatible isolates of different VCG and formae specialis. A mutation in a simple *vic* locus could result in closely related isolates being vegetative incompatible and thus, clonally related isolates may occur in different VCG. Bentley et al. (1998), find a few or no variation among the isolates in each VCG in independence of the host or geographic origin in an analysis of the polymorphism of the restriction fragments (RFLP) of 208 isolates of a *Foc* world collection. As the restriction patterns results almost specific for each VCG, they can predict the VCG of each isolate previous to the vegetative compatibility analysis, determining 33 genotypes and grouping the populations (with a similarity between 80 and 100%) in nine main lineages (DNA finger printing groups or DFG) concluding that the genotypes arise by simple mutation in each lineage.

Foc isolates can be differentiated in two broad groups with different lineages (table 3) on the base of chromosome number and amount of DNA (Boehm et al., 1994), volatile production (Moore et al., 1991); RAPD (Koenig et al., 1997); sequence analysis of mitochondrial genes (O'Donnell et al., 1998), DNA fingerprinting (Bentley et al., 1998) and AFLP analysis (Groenewald et al., 2004). Most of the methods employed have a broad coincidence when grouping the isolates and minor differences arise related to specific populations of the pathogen. Different lineages has been identified which are as genetically different among them as are to other formae specialis of *Fusarium oxysporum* (Bentley et al., 1998). The major number of VCG and lineages has been found in Malaysia-Indonesia area. Based on the diversity concept (Vavilov's theory) it seems that the Malaysian-Indonesian area is the major centre of origin of *Foc*. All studies coincide to establish that *Foc* is polyphyletic. The results indicate that the races 1 and 2 has evolved together whereas races 3 and 4 are both of separate origin; while most of the *Foc* lineages have probably coevolved on Southeast Asia, several lineages has probably arisen independently.

In conclusion, most genotypes of *Foc* have probably co-evolved with banana in Asia and have been spread from its centre of origin by the movement of banana plants. Several genotypes however, have also probably arisen independently in different regions of the world.

INFECTION, EPIDEMIOLOGY AND DISEASE CYCLE

The new introductions of *Foc* to disease free areas has been due to the movement of rhizomes and infected plants product basically to the human activity.

The pathogen can remain immobile in soil in diseased tissues as chlamydospores which are stimulated to germinate by host or non-host root exudates or by the contact with susceptible healthy tissue (Stover, 1972). Mycelia and conidia are produced after 6-8 hours of chlamydospore germination and new chlamydospores after 2-3 days. Infection takes place through secondary or tertiary feeder roots but not through main root, unless there is exposition of the central core (Trujillo, 1963). Most of the infections are blocked but some of them become systemic passing through rhizome and pseudostem. Even in presence of high amount of inoculum the plant can not be invaded through rhizome or pseudostem. The pathogen passes to the vascular zone of rhizome in the places of insertion of the diseased roots. The pathogen move out of the vascular system to the adjacent parenchyma in the advanced stages of the disease forming conidia and chlamydospores which released to the soil when the plant die, lasting dormant by several years (Stover, 1962 c).

Foc presents a minor competitive ability than other common fungal species in the soil as are *F. solani*, *F. pallidroseum*, *Rhizoctonia* sp. y *Pythium* sp. (Stover and Waite, 1954; Stover, 1962c; Trujillo and Snyder, 1963) and do not spread by itself in soil by vegetative growing (Trujillo and Snyder, 1963). However, in spite of to be a poorer competitor than other fungal species of soil, due to the more random distribution of chlamydospores in those places where the disease has been present, is able to colonize substrates of roots and leaves increasing its saprophytic growth and lasting in the soil by many years. The disease cycle is repeated when chlamydospores germinates and growth saprophytically in plant debris or by host invasion. There are not forms of dispersal outside the plants. The disease is then transmitted by infected rhizomes and mechanical movement of soil in machinery residues, superficial running water and periodic inundations due to rivers outflows. An interesting point for a future research is the study of the status of the populations of *Foc* in Central

America and Caribbean soils of farms planted of cv. Gros Michel and destroyed by Fusarium wilt after 40 years of Cavendish cultivation.

Foc is essentially confined to the xylem elements. The parenchyma that surround the vascular tissue usually dies previously to fungal invasion and are invaded by the hyphen that last densely packed in the lumen of these cells (Trujillo, 1963). The pathogen multiplies abundantly (by budding as yeasts) in the xylem of affected plants. Some of the conidia are small enough to pass through the plaques of xylem. When a vessel is colonized conidia are produced in the next 2 - 3 days at the outside of the vessel allowing moving to a new vessel. Host react to infection trying to develop a gel wall over and added to plaque that impedes the fungal advance (Beckman, 1964, 1990; Beckman and Halmos, 1962; Beckman et al., 1962). In Gros Michel the colonization process occurs without limitation meanwhile in Cavendish cultivars the colonization is stopped by gel accumulation in the first 24-48 hours followed by development of a vascular parenchyma that impedes any further colonization. De Ascensao and Dubery (2000), reported that cortical tissue of the resistant cultivar Goldfinger (FHIA 01), react to elicitation by *Foc* race 4, with a strong lignin deposition whereas in the susceptible cultivar Williams this process is weak.

ALTERNATIVE HOSTS

Foc can invade the weed roots in banana plantations as saprophyte or as a weak parasite of the tissues of senescent roots in decomposition remaining in soil by long periods. There are reports of the isolations of *Foc* from roots of the weeds *Euphorbia heterophylla* L. (*Euphorbiaceae*), *Tridax procumbens* L. (*Poaceae*), *Chloris inflata* (Link.) and *Cyanthillium cinereum* L. (*Asteraceae*) (Waite y Dunlap, 1953); *Cyperus iria* L., *Cyperus rotundus* L., *Gnaphalium purpureum* L., *Fimbristylis koidzuminana* Ohwi (Su et al., 1986) and from decolorated roots without wilting of the species *Paspalum fasciculatum* Sw., *Panicum purpurascens* (Roddi.), *Ixophorus unisetus* Schl., and *Commelina* spp (Podovan, 2003).

REACTION OF CULTIVARS

Much of the current knowledge on the reaction of banana cultivars to *Foc* infection has been achieved by the results of Fusarium trials of the *Musa* Testing Program organized by INIBAP and has been in a general way summarized by Ploetz and Pegg (2000). The results of artificial inoculations of the *Foc* Cuban populations belonging to VCG 01210 (race 1), 0124 and 0128 (race 2) are shown in table 4 (Perez et al., 2003, 2004, b).

The reports of the reaction ratings for different cultivars in different countries are variable in dependence of the population of *Foc*, the pressure of infection, soil temperature (Trujillo, 1963) and the nature of the material used in the test with artificial inoculations (tissue culture plants are more susceptible than conventional propagation materials; Smith et al., 1998). These factors should be taken into account when comparing results of trials.

Hwang, et al., (1992) and Ho et al., (2001), obtain somaclonal resistant plants from Giant Cavendish to *Foc* race 4 in Taiwan and Malaysia in tissue culture. Herrera et al. (1999) and Bermudez et al. (2002) obtained resistant mutants from Gros Michel tissue culture plants by induction of mutation with gamma particles bombardment and screening by repetitive inoculations with *Foc* in laboratory and field.

Early screening has been a main objective in the selection of resistant plants against different formae specialis of *F. oxysporum* in conventional and biotechnological breeding. Crude extracts and fusaric acid from *Foc* cultures has been used in the selection of resistant plants (Bacon et al, 1996; Matsumoto et al., 1995 and 1999, Campanioni et al., 2003.) etc.

DISEASE MANAGEMENT

Use of resistant cultivars. The use of resistant genotypes has proved to be the main measure of control.

Cultural and quarantine measures. In disease free areas preventative and quarantine procedures should be implemented to avoid the entry of the pathogen. New genotypes should be introduced in tissue culture from certified healthy sources.

The equipments employed in infected areas should not be used in free areas unless it has been carefully washed and disinfected.

Chemical control. There are not effective measures of chemical control. Fumigated soils with methyl bromide can be re-infected in two or three years in fields with susceptible cultivars.

Use of antagonists. Mid and long term perspectives. There are not published papers on the practical use of antagonist in scientific bibliography. Most of the reports concern to greenhouse and laboratory results not confirmed or repetitive at the field. Disease suppressive soils are associated to high populations of actinomycetes and bacteria whereas the conducive ones present higher populations of filamentous fungi and yeasts (Peng et al. 1999). The suppressiveness of soils are based on microbial interactions being fluorescent *Pseudomonas* and non-pathogenic *F. oxysporum* the main species involved in the competence for nutrients (specially carbon and iron), competence for colonization at the site of infection and the induction of resistance in the plants (Lemanceau et al., 1988).

Most of the ongoing research on the biocontrol of Fusarium wilt on banana has been directed to the reduction of the inoculum in soil and the use of endophyte antagonists.

Mitov and Oliva (1975) reported the efficacy of the antagonist *T. lignorum* (now *T. harzianum*) and the reduction of infection by *Foc* in Bluggoe plants treated with the antagonist previous to inoculation with *Foc*. Similar results were reported by Perez et al. (2003 and 2004 a). Treatments with *T. harzianum* A34, allowed keep plantations of Burro CEMSA during five years in production in conducive soils of fields previously destroyed by the disease.

SOME RESEARCH NEEDS

A great advance has been achieved in the last 15 years on Fusarium wilt and its causal agent *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. However there still some black holes and research needs:

1. A considerable amount of information has been obtained from the diversity of strains of *Foc* in Southeast Asia (particularly from Thailand, Malaysia and Indonesia) Australia, some countries of Central America (Honduras and Costa Rica) and more recently from Cuba. However there is a relatively little information on this issue from China, Viet Nam, and Northern India most of the countries from the Caribbean basin (where a relative few isolates has been studied) and there is almost a complete lack of data from South America (Indians went to Malaya, Fiji, Caribbean Island and Guiana to work in sugarcane and as traders and later to East Africa from Western India; with them went Bluggoe, Pisang awak Silk and Ney Poovan. Portuguese's Spaniels and Dutch from Asia-Pacific and Africa to Central, South America and the Caribbean).
2. Even when there is a more comprehensive understanding of the variability of *Foc* populations since its grouping in VCGs and lineages, the classification based on pathogenicity need further research and must be considered in the future for practical purposes of disease management and breeding.
3. There still the need of developing inoculation and testing procedures.
4. There is a lack of published scientific research work on biocontrol, particularly with practical field results. There is also a lack of negative results published. *Foc* inoculum remains as chlamydospore in the soil and there is an opportunity for soil antagonist as *Trichoderma harzianum* to colonize and reduce the population of *Foc* low by antibiosis or direct parasitism. At the same time there is a lack of information on the ecology of the antagonists in the rhizoplane of *Musa* plants as well as the resistance response to potentially pathogenic *Foc* population of plants previously challenged with non pathogenic *Fusarium oxysporum*.

Table 1. Frequency of volatile production in 62 Cuban isolates belonging to *Foc* races 1 and 2 (Batlle and Pérez, 2003)

Race	Presence of volatile	Frequency (%)
1	+	12.8
1	-	5.2
2	+	38.5
2	-	43.5

Table 2. VCGs in *Foc* and world distribution

VCG ⁽¹⁾	VCG complexes	Distribution by countries ⁽³⁾
0120	0120 - 01215	Australia, Brazil, Costa Rica, Canary Islands, Guadeloupe, Honduras, Indonesia, Jamaica, Malaysia, South Africa, Taiwan.
0121	None	Indonesia, Malaysia, Taiwan.
0122	None	Philippines.
0123	0123 a – 0123 b	Philippines, Indonesia, Malaysia, Thailand, Taiwan, Viet-Nam.
0124	0124-0125-0128-01220	Australia, Burundi, Brazil, Cuba, EUA, Honduras, India, Jamaica, Kenya, Malawi, Nicaragua, Thailand, Uganda, Tanzania, Viet Nam.
0125	0124-0125-0128-01220	Australia, Brazil, Jamaica, Honduras, India, Kenya, Malaysia, Thailand, Uganda, Zaire.
0124/ 0125	0124-0125- 0128-01220	Australia, Brazil, Cuba, EUA, Honduras, India, Indonesia, Jamaica, Malaysia, Malawi, Nicaragua, Thailand, Uganda, Viet Nam.
0126	None	Honduras, Indonesia (Papua New Guinea?), Philippines.
0128	0124-0125-0128-1220	Australia, Commodes Islands, Cuba, Kenya, India, Thailand.
0129	None	Australia.
01210	None	Cuba, USA (Florida).
01211	None	Australia.
01212	None	Kenya, Tanzania, Uganda.
01213	01213-01216	Australia, Indonesia, Malaysia.
01214	None	Malaysia, Malawi.
01215	0120-01215	Costa Rica, Indonesia, Malaysia.
01216	01213-01216	Australia, Malaysia, Indonesia.
01217	None	Malaysia.
01218	None	Indonesia, Thailand.
01219	None	Indonesia,
01220	0124-0125-0128-1220	Australia, India, Kenya, Thailand.
01221		Thailand
01222	None	India, Kenya, Uganda
1		Australia (<i>Heliconia chartacea</i>).
2		Indonesia.
3		Indonesia.
4		Malaysia.
5		Indonesia, Malaysia, Thailand.
6		Mexico.
7		Philippines.
8		Philippines, Thailand.
9		Philippines.
10		Philippines.
11		Philippines.

Table 2 (Cont.).
VCG ⁽¹⁾. VCG complexes
Distribution by countries ⁽³⁾

12	Thailand, Viet Nam.
13	Viet Nam
14	Viet Nam
15	Indonesia.
16	Indonesia, Malaysia.

⁽¹⁾ The VCG with the numbers from 1-16 do not match with any of the precedent VCG and can be considered new VCG according Bentley et al. (1998).

⁽²⁾ Bentley et al., (1998).

⁽³⁾ Data of Ploetz (1990 a y c), Bentley et al. (1998), Battle and Pérez, (1999), Kangire and Tushemereirwe (2003), Viljoen et al. (2003), Thangavelu et al.(2003), Masdek et al., (2003).

Table 3. Broad grouping of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* isolates according various methods of characterization.

Method	Groupings	
	I	II
Current race classification (Stover, 1962 b; Su et al. 1977, 1986)	Race 4	Races 1 and 2.
Cultural characteristic in K2 media (Sun et al., 1978).	Lacinia formation	Not lacinia formation
Vegetative compatibility (Ploetz, 1990 a y b; Brake et al., 1990; Pegg et al., 1993; Moore et al., 1993).	0120, 0121, 0122, 0126, 0129, 01211, 01213 01215, 01216, 01219,	0123, 0124, 0125 0128, 01210*, 01212 01214, 01217, 01218, 01220**.
Volatile production (Moore, 1994).	odoratum	inodoratum ⁽¹⁾
RAPD-PCR (Sorensen, et al. 1993; Sorensen et al., 1994)	RAPD-PCR group 1	RAPD-PCR group 2
Electrophoretic karyotyping (Boehm et al. 1994)	Ek I (high chromosome number; large genome size)	Ek II (fewer chromosome number; small genome size)
Pectic enzyme analysis (Pegg et al., 1994).	'slow moving' pectic zymogram group	'fast moving' Pectic zymogram group.
RFLP (Koenig et al., 1997)	Clonal lineages II, III, IV, V, VI, VII, IX, X (VCGs, 0120, 0122, 0123, 0126, 0129, 01211, 01214***, 01215)	Clonal lineages I and VIII (VCGs 0124, 0124/0125, 0125, 0128, 01212)
DNA finger printing genotypes (Bentley et al., 1998)	Clonal lineages I, II, III, VIII and IX.	Clonal lineages IV, V, VI, VII,
AFLP analysis (Groenewald et al., 2004)	Group 1 (VCGs 0120, 0120/15 0126, 0129, 01213, 01213/16 01216, 01219	Group 2 (VCGs 0123, 0124, 0125, 01217, 1218)
* VCG 01210 is present only in Florida and Cuba attacking Manzano and Gros Michel and is probably a VCG evolved from VCG 0120.		
** VCG 1220 is a population from Western Australia attacking Cavendish but more closely genetically related to race 1.		
*** VCG 01214 found only in Malawi not present in Asia, is genetically distant from other lineages and probably has evolved independently in Africa or by funding effect (Koenig et al., 1997).		
(1) Not valid for Cuban populations of race 1 and 2 in which indistinctly can be found odoratum and inodoratum isolates (Batlle and Perez, 2003).		

Table 4. Reaction of cultivars to artificial inoculation with different races and VCG of Cuban populations of *Foc* (Pérez et al., 2003).

CULTIVARS	Frequency of diseased plants (%)			Mean severity (*)		
	01210 (1)**	0124 (2)	0128 (2)	01210 (1)	0124 (2)	0128 (2)
Manzano	60,0	0,0	0,0	4,6	1,0	1,0
Gros Michel	100,0	0,0	0,0	5,0	1,0	1,0
Burro criollo	0,0	60,0	40,0	1,0	4,0	3,8
Pelipita	0,0	0,0	100	1,0	1,0	5,0
Pisang awak	25,0	0,0	33,3	2,4	4,3	4,5
Musa acuminata 2	66,6	33,3	33,3	1,8	1,3	4,3
Pisang Lilin	25,0	0,0	25,0	4,7	2,6	4,3
Calcutta 4	0,0	33,3	25,0	4,5	2,3	2,2
Pisang jari buaya	20,0	40,0	20,0	1,6	3,6	3,2
Paka	66,6	0,0	0,0	4,3	5,0	5,0
Yangambi Km 5	100	33,3	33,3	5,0	3,3	4,0
FHIA 02	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
FHIA 03	20,0	60,0	0,0	1,8	2,4	3,6
FHIA 04	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
FHIA 18	20,0	0,0	0,0	1,8	0,0	1,6
FHIA 21	0	20,0	0,0	0,0	2,6	1,0

* Scale from 0 (healthy to 5 dead).

** Races in parenthesis

REFERENCES

Ashby, S.F., 1913. Banana disease in Jamaica. (Abstract) Science 31:754-755.

Bacon, C.W., Porter, J.K., Norred, W.P., Leslie, J.F., 1996. Production of fusaric acid by *Fusarium* species. Appl. and Environm. Microb. 62, 4039-4043.

Bancroft, J., 1876. Report of the board appointed to inquire into the cause of disease affecting livestock and plants. Queensland, 1876. In: Votes and Proceedings (3) 1011-1038.

Batlle A. y Pérez L., 1999. Grupos de compatibilidad vegetativa de las poblaciones de *Fusarium oxysporum* Schlecht. f. sp. *cubense* (E. F. Smith) Snyder and Hans. presentes en Cuba. INFOMUSA 8 (1): 22 – 23.

Batlle, A. and Pérez, L., 2003. Population Biology of *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* in Cuba. In: 2nd. International Symposium on Fusarium wilt on banana. PROMUSA-INIBAP/EMBRAPA. Salvador de Bahía, Brazil. 22-26 Sept.

Beckman, C.H. and Halmos, S., 1962. Relation of vascular occluding reaction in banana roots to pathogenicity or root invading fungi. Phytopathology 52, 893-897.

Beckman, C.H., 1964. Host responses to infection, Ann. Rev. Phytopath. 2, 231-252.

Beckman, C.H., 1990. Host responses to infection In: Fusarium wilt of banana. Ploetz, R.C. (Ed.) APS Press St Paul, pp 93-105.

Beckman, C.H., Halmos, S. and Mace, M.E., 1962. The interaction of host, pathogen and soil temperature in relation to susceptibility to *Fusarium* wilt of bananas, Phytopathology 2, 134-140.

Bentley, S. and Bassam, B.J., 1996. A robust DNA amplification fingerprinting system applied to analysis of genetic variation within *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. J. Phytopathology 144, 207-213.

Bentley, S., Pegg, K.G., Moore, N.Y., Davis, D.R. and Buddenhagen, I.W., 1998. Genetic variation among vegetative compatibility groups of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* analyzed by DNA fingerprinting. Phytopathology, 88: 1283 - 1293.

- Bermúdez, I.; Herrera I., L.; Orellana Pérez, P.; Veitía, N.; Romero, C.; Clavelo, J.; García, L.; Acosta, M.; García R., L. y Padrón, Y. 2002. Estudio en condiciones de campo de poblaciones de los clones de banano 'Manzano' (AAB) y 'Gros Michel' (AAA) para la selección de plantas con posible resistencia al mal de Panamá. *INFOMUSA* 11, (2), 7-8.
- Boehm, E.W.A., Ploetz, R.C. and Kistler, H.C., 1994. Statistical analysis of electrophoretic karyotype variations among vegetative compatibility groups of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 7, 196- 207.
- Brake, V.M., Pegg, K.G., Irwin, J.A.G. and Langdon, P.W., 1990. Vegetative compatibility groups within Australian populations of *F. oxysporum* f. sp. *cubense* the cause of *Fusarium* wilt of banana. *Aust. J. Agric. Res.* 41, 863-870.
- Brandes, E.W. 1919. Banana wilt. *Phytopathology* 9, 339-389.
- Campanioni, B., Arbola, M., Rodríguez, Y., Mosqueda, M., Pérez, M.C. Borrás, O., Lorenzo, J.C. and Santos, R., 2003. Use of culture-derived *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*, race 1 filtrates for rapid and non destructive in vitro differentiation between resistant and susceptible clones of field-grown banana. *Euphytica* 130, 341 – 347.
- Correll, J.C., Klittich, C. J. R. and Leslie, J.F., 1987. Nitrate non-utilizing mutants of *Fusarium oxysporum* and their use in vegetative compatibility tests. *Phytopathology* 77: 1640-1646.
- Cove, D.J., 1976. Chlorate toxicity in *Aspergillus nidulans*: the selection and characterization of chlorate resistant mutants, *Heredity* 36, 191-203.
- De Ascensao, A.R.D.C.F. and Dubery, I.A., 2000. Panama disease: cell wall reinforcement in banana roots in response to elicitors from *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* race four. *Phytopathology* 90, 1173-1180.
- FAOSTAT data, 2004. FAO Roma. www.FAOSTat.org/html.
- Groenewald, S., van den Berg, N., Marasas, W.F.O., Viljoen, A., 2004. Application of AFLP in genetic analysis of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. Abstracts of Papers 1st. International Congress on Musa: harnessing research to improve livelihoods. 6-9 July, 2004. Penang, Malaysia. Pp. 175
- Hernandez, J.M., Freitas, G., Ploetz, R.C., and Kendrick, C., 1993. Fusarial wilt of banana in the Canary Islands with some data regarding the Madeira Archipelago. 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 Research Institute, Chiuju, Pingtung, Taiwan, Dec. 14–18. 1992. INIBAP/ASPNET, Los Baños, Laguna Philippines. Pp 247-254.
- Herrera, L., Bermúdez, I., Orellana, P., Acosta, M., Veitía, N., Clavelo, J., Romero, C., y Mujica, R. 1999. Mejora para la resistencia al Mal de Panamá en los clones de banano "Manzano" y "Gros Michel" mediante el cultivo de tejidos y la mutagénesis "in vitro". *Centro Agrícola* 26 (3), 75-80.
- Ho, Y.W., Mak, C., Liew, K.W., 2001. Selection of banana cultivars for tolerance to *Fusarium* wilt race 4 in Malaysia. In: *Proceedings Banana Fusarium wilt management: Towards sustainable cultivation* Molina, A.B., Nik Masdek, N.H. and Liew, K.W. (ed.). Genting Highlands Resort (MYS), 1999/10/18-20. INIBAP, Los Baños (PHL). Pp. 234-242
- Hwang, S.C., Chao, S.P and Ko, W.H. 1992. GCTV-215-1: a promising Cavendish clone resistant to race 4 of *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*. In: *Proceedings of the International Symposium on Recent Developments in Banana cultivation Technology*. Taiwan Banana Research Institute, Chiuju, Pingtung, Taiwan. Dec. 14 – 18 1992. Los Baños, Laguna Filipinas. INIBAP/ASNET. Pp.62-74.
- Johnston, J.R., 1915. La enfermedad del plátano en Cuba. Estación Experimental Agronómica de Santiago de las Vegas, Circular 47. 9 pp.
- Kangire, A. and Tushemereirwe, W., 2003. Status of *Fusarium* wilt of banana in Uganda. 2nd. International Symposium on *Fusarium* wilt on banana. PROMUSA-INIBAP/EMBRAPA. Salvador de Bahía, Brazil, 22-26 Sept.
- Koenig, R.L., Ploetz, R.C. and Kistler, H.C., 1997. *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* consist of a small number of divergent and globally distributed clonal lineages. *Phytopathology* 87: 915 - 923.
- Lemanceau, P., Couteaudier, Y. and Alabouvette, C. 1988. Competition for carbon and competition for iron are involved in mechanism of soil suppressiveness to *Fusarium* wilts. Abstracts of Papers of the 5th International Congress of Plant Pathology. August 20 – 27. Kyoto, Japan. Pp. 186.

- Leslie, J.F., 1990. Genetic exchange within sexual and asexual populations in the genus *Fusarium*. In *Fusarium wilt of banana*. Ed Ploetz, R.C., APS Press St Paul, pp. 37 - 48.
- Leslie, J.F. 1993. Fungal vegetative compatibility. *Ann. Rev. Phytopathol.* 31:127-150.
- Masdek, N., Mahmood, M., Molina, A., Hwang, S.C., Dimyati, A., Tangaveli, R. and Omar, I., 2003. Global significance of *Fusarium* wilt: Asia. Abstracts of Papers 2nd. International Symposium on *Fusarium* wilt on banana. PROMUSA-INIBAP/EMBRAPA. Salvador de Bahía, Brazil. 22 - 26 Sept.
- Matsumoto, K., Barbosa, M.L., Soussa, L.A.C. and Teixeira, J.B., 1995. Race 1 *Fusarium* wilt tolerance on bananas selected by Fusaric acid. *Euphytica* 84: 67-71.
- Matsumoto, K., Barbosa, M.L., Soussa, L.A.C. and Teixeira, J.B., 1999. *In vitro* selection for resistance in banana. II. Resistance to culture filtrate of race 1 *Fusarium oxysporum f.sp. cubense*. *Fruit* 54 (3): 151-157.
- Miao, V.P.W., 1990. Using karyotype variability to investigate the origins and relatedness of isolates of *Fusarium oxysporum f. sp. cubense*. In: *Fusarium wilt of banana* (Ed.) Ploetz, R.C. APS, St. Paul, (Mn). Pp 55 – 62.
- Mitov, N. y Oliva, P., 1975. Estudios sobre el mal de Panamá del plátano en Cuba. *Revista de Agricultura.* 8 (2): 12- 29.
- Moore, N.Y., Hargreaves, P.A., Pegg, K., Irwin, J.A.G., 1991. Characterization of strains of *Fusarium oxysporum f.sp. cubense* by production of volatiles, *Aust., J. Bot.* 39, 161-166.
- Moore, N.Y., Pegg, K., Allen, A.R. and Irvin, J.A.G., 1993. Vegetative compatibility and distribution of *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* in Australia. *Aust. J. Exp. Agric.* 33, 797-802.
- Nasdir N., 2003. *Fusarium* wilt race 4 in Indonesia. Research Institute for Fruits west Sumatra, Indonesia. Abstracts of Papers 2nd. International Symposium on *Fusarium* wilt on banana. PROMUSA-INIBAP/EMBRAPA. Salvador de Bahía, Brazil. 22 - 26 Sept.
- O'Donnell, K., Kistler, H.C., Cigelnick, E., and Ploetz, R.C., 1998. Multiple evolutionary origins of the fungus causing Panama disease of banana: concordant evidence from nuclear and mitochondrial gene genealogies. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 95: 2044 - 2049.
- Pegg, K.G., Moore, N.Y. and Bentley, S., 1996. *Fusarium* wilt of banana in Australia: a review. *Aust. J. of Agric. Res.* 47, 637-650.
- Pegg, K.G., Moore, N.Y. and Sorensen, S., 1993. *Fusarium* wilt in the Asian Pacific region. In: *Proc. Int. Symp. Recent Developments in Banana Cultivation Techn.* (Ed.) Valmayor, R.V. Hwang, S.C., Ploetz, R.C., Lee, S.W. and Roa, N.V. International Network of Banana and Plantain/ASNET Los Baños, Laguna, Filipinas. Pp. 225-269.
- Pegg, K.G., Moore, N.Y. and Sorensen, S., 1994. Variability in populations of *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* from the Asia/Pacific region. In: Jones, D.R. (Ed.) *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. INIBAP, Montpellier, France.
- Peng, H.X., Sivasithamparam, K. and Turner, D.W. 1999. Chlamydospore germination and *Fusarium* wilt of banana plantlets in suppressive and conducive soil are affected by physical and chemical factors. *Soil Biology and Biochemistry* 31, 1363-1374.
- Pérez, L., Alvarez, J.M. and Pérez, M., 2002. Economic impact and management of Black leaf streak disease in Cuba. In: *Mycosphaerella leaf spot diseases of bananas: present status and outlook*. Proceedings of the International workshop on *Mycosphaerella* leaf spot diseases Ed.: Jacome, L., Lepoivre, Ph., Marin, D., Ortiz, R., Romero, R. and Escalant, J.V. San José Costa Rica. Pp. 71-83.
- Pérez, L., Batlle, A., Fonseca, J. and Montenegro, V., 2003. *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* in Cuba: reaction of cultivars and biocontrol. 2nd. International Symposium on *Fusarium* wilt on banana. PROMUSA-INIBAP/EMBRAPA. Salvador de Bahía, Brazil. 22-26 Sept.
- Pérez, L., Batlle, A., Fonseca, J. and Montenegro, V., 2004 a. Efficacy of *Trichoderma harzianum* on the biocontrol of *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* in Cuba. Abstracts of papers Annual Meeting APS Caribbean Division, Habana. May 24 -28.
- Pérez, L., Batlle, A., Fonseca J. and Montenegro, V., 2004 b. Reaction of FHIA hybrids and landraces cultivars to *Fusarium* wilt caused by *Fusarium oxysporum f.sp. cubense*. Abstracts of "The International Congress on Banana: harnessing research to improve the livelihoods". Malaysia, Julio 6-9 2004.
- Ploetz, R.C., 1990 a. Variability in *Fusarium oxysporum f.sp. cubense*. *Can. J. Botany* 68, 1357 – 1363.

- Ploetz, R.C., 1990 b. Compatibility vegetative groups in *Fusarium oxysporum f.sp. cubense*: classifying previously non characterized strains. *Acta Horticulturae* 275, 699-706.
- Ploetz, R.C., 1990 c. Population biology of *Fusarium oxysporum f. sp. cubense*. In: *Fusarium wilt of banana*. Ploetz, R.C. (Ed.) APS Press St Paul, pp 63-76.
- Ploetz, R.C., 1994. *Fusarium wilt and IMTP phase II*. In: *The improvement and testing of Musa: a global partnership*. Proceedings of the International Testing Program held at FHIA. Jones, D. (Ed.), Honduras 27 – 30 April. Pp 57-69.
- Ploetz, R.C. and Bentley, S., 2001. Pathogen diversity. In: *Banana Fusarium wilt management: towards sustainable cultivation*. (Molina, A.B., Masdek, N.H., Liew, K.W. (Ed.)). International Workshop on the Banana Fusarium Wilt Disease, Genting Highlands Resort (MYS), Oct 18-20 1999, INIBAP, Los Baños (PHL). Pp 293-294.
- Ploetz, R.C. and Correll, J.C., 1988. Vegetative compatibility among races of *Fusarium oxysporum f.sp. cubense*. *Plant Disease* 72, 325 - 328.
- Ploetz, R.C. and Pegg, K., 2000. *Fusarium wilt*. In: *Diseases of Banana, Abaca and Enset*. Jones, D.R. (Ed). CABI Publishing, Wallingford, UK. Pp. 143- 159.
- Podovan, A., Henessey, C. and Walduck, G., 2003. Alternative hosts of *Fusarium oxysporum f.sp. cubense* tropical race 4 in northern Australia. In: 2nd. International Symposium on *Fusarium wilt on banana*. PROMUSA-INIBAP/EMBRAPA. Salvador de Bahía, Brazil, 22-26 Sept.
- Puhalla, J.E., 1985. Classification of strains of *Fusarium oxysporum* on the basis of vegetative compatibility. *Canadian Journal of Botany* 63: 179-183.
- Puhalla, J.E. and Spieth, P.T., 1985. A comparison of heterokaryosis and vegetative compatibility among varieties of *Gibberella fujikuroi* (*Fusarium moniliforme*) Exptl. Mycol. 9, 39-47.
- Smith, E.F., 1910. A Cuban banana disease. (Abstr.) *Science* 31, 754 - 755.
- Smith, M.K., Whiley, A.W., Searle, C., Landon, P.W., Schaffer, B. and Pegg, K.G., 1998. Micropropagated banana are more susceptible to *Fusarium wilt* than plants grown from conventional material. *Aust. J. Agric. Res.* 49, 1133-1139.
- Sorensen, S., Pegg, K.G. and Dale, J.L., 1993. RAPD-PCR analysis of genetic variation within Australian populations of *Fusarium oxysporum f.sp. cubense*. In: *Proceedings of the International Symposium on Recent Developments in Banana cultivation Technology*. Taiwan Banana Research Institute, Chiuju, Pingtung, Taiwan, Dec. 14 – 18 1992. INIBAP/ASNET. Pp. 285 - 294.
- Sorensen S., Pegg, K.G., Ploetz, R.C., Dale, J.L., 1994. Genetic variation among a world wide collection of isolates of *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* analyzed by RAPD-PCR fingerprinting, *Mycological Research*,
- Stover, R.H., 1959. Studies on *Fusarium wilt of bananas*. IV. Clonal differentiation among wild type isolates of *Fusarium oxysporum f. cubense*. *Can. J. Botany* 37, 245-255.
- Stover, R.H., 1960. Studies on *Fusarium wilt of bananas*. VI. Variability and the cultivar concept in *Fusarium oxysporum f. cubense*. *Can. J. Bot.* 38, 985-995.
- Stover, R.H., 1962 a. Studies on *Fusarium wilt of bananas*. VIII. Differentiation of clones by cultural interaction and volatile substances. *Can. Journal of Bot.* 40, 1467-1471.
- Stover, R.H., 1962 b. *Fusarial wilt (Panama Disease) of bananas and other Musa species*. Commonwealth Mycological. Institute, Kew, Surrey, England. 117 pp.
- Stover, R.H., 1962 c. Studies on *Fusarium wilt of bananas*. IX. Competitive saprophytic ability of *F. oxysporum f. cubense*. *Can. J. of Botany* 40, 1473-1481.
- Stover, R.H., 1972. *Banana plantain and Abaca Diseases*. Commonwealth Mycological Institute. Kew. 316 pp.
- Stover, R.H., 1990. *Fusarium wilt of banana: some history and current status of the disease*. In: *Fusarium wilt of banana*. Ploetz, R.C. (Ed). American Phytopathological Society, St. Paul, MN. Pp 1-7.
- Stover, R.H. and Buddenhagen, I.W., 1986. Banana breeding, polyploidy, disease resistance and productivity. *Fruits*, 41. 175-191
- Stover, R.H. and Malo, S.E., 1972. The occurrence of *Fusarial wilt* in normally resistant Dwarf Cavendish banana. *Plant Disease Reporter* 56, 1000-1003.

- Stover, R.H. and Simmonds, N.W., 1987. Bananas. Third Edition. Longman Scientific & Technical. Singapore. 467 pp.
- Stover R.H. and Waite, B.H., 1954. Colonization of banana roots by *Fusarium oxysporum* f. *cubense* and other soil fungi. *Phytopathology* 44, 689 – 693.
- Stover R.H. and Waite, B.H., 1960. Studies on Fusarium wilt of banana. V. Pathogenic and distribution of *F. oxysporum* f. *sp. cubense* races 1 and 2. *Can. J. Botany* 38, 51-61.
- Su, H.J., Chuang, T.J. and Kong, W.S., 1977. Physiological race of Fusarial wilt fungus attacking Cavendish banana of Taiwan. Taiwan Banana Research Institute. Spec. Publ. 2. 21pp.
- Su, H.J., Hwang, S.C. and Ko, W.H., 1986. Fusarial wilt of bananas in Taiwan. *Plant Disease* 70, 813-818.
- Thangavelu, R., Velazhahan, R. and Sathiamoorthy, S., 2003. Genetic diversity of *Fusarium oxysporum* f. *sp. cubense* isolates from India by vegetative compatibility and RAPD. In: 2nd. International Symposium on Fusarium wilt on banana. PROMUSA-INIBAP/EMBRAPA. Salvador de Bahía, Brazil. 22-26 Sept.
- Trujillo, E.E. 1963. Pathological-anatomical studies on Gros Michel banana affected by Fusarium wilt. *Phytopathology* 53, 52-166.
- Trujillo E.E. and Snyder, W.C., 1963. Uneven distribution of *Fusarium oxysporum* f.*sp. cubense* in Honduras soil. *Phytopathology* 53, 167-170.
- Tushemereirwe, W., 1992. Fusarium wilt of banana in Uganda. In: Proceedings of the International Symposium on Recent Developments in Banana cultivation Technology. Taiwan Banana Research Institute, Chiuju, Pingtung, Taiwan, 14-18 Dec. Pp 240-246.
- Valmayor, R.V., Jammaluddin, S.H., Silayoi, B., Kusumo, S., Danh, L.D., Pascua, O.C. and Espino, R.R.C. 2000. Banana cultivar and synonyms in Southeast Asia. International Network of Banana and Plantain – Asia and the Pacific Office, Los Baños, Laguna, Philippines. 24pp.
- Viljoen, A., van der Berg, N., Slabbert, N., Visser, M., and Gronewald, S. 2003. Cavendish banana and *Fusarium oxysporum* f. *sp. Cubense* subtropical race 4 (VCG 0120). In: 2nd. International Symposium on Fusarium wilt on banana. PROMUSA-INIBAP/EMBRAPA. Salvador de Bahía, Brazil. 22-26 Sept.
- Waite, B.H., 1953. Inoculation studies and natural infection of banana varieties with races 1 and 2 of *Fusarium oxysporum* f. *cubense*. *Plant Disease Reporter* 61, 15-19.
- Waite, B. H., 1963. Wilt of *Heliconia* spp. caused by *Fusarium oxysporum* f. *cubense* Race 3. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 40, 299-305.
- Waite B.H. and Dunlap, V.C., 1953. Preliminary host range studies with *Fusarium oxysporum* f. *cubense*. *Plant. Dis. Rptr.* 37, 79-80.

EL “MOKO” DEL PLÁTANO Y BANANO Y EL ROL DE LAS PLANTAS HOSPEDERAS EN SU EPIDEMIOLOGÍA

Sylvio Belalcázar C.¹ Franklin E. Rosales Luis E. Pocasangre

RESUMEN

El “Moko” del plátano y banano, causado por *Ralstonia solanacearum* Raza 2, es una enfermedad que ocasiona elevadas pérdidas tanto en el orden social como en el económico, porque no sólo está afectando la producción y el suministro de alimento, sino también la generación de empleo y de divisas por concepto de su exportación. El método más apropiado para combatirla sería indiscutiblemente mediante el empleo de cultivares resistentes, pero estos infortunadamente no han sido detectados ni obtenidos, razón por la que se ha tratado de implementar prácticas basadas en los resultados de diferentes investigaciones. Entre éstas se encuentra la erradicación de plantas afectadas por medios químicos, manteniendo posteriormente los sitios y/o terrenos afectados en estado de barbecho o cultivándose por varios años con especies que no son atacadas por esta enfermedad. Infortunadamente los resultados obtenidos no han sido del todo satisfactorios, porque después de todo el proceso y volverse a sembrar plátano o banano, se ha vuelto a registrar la presencia de plantas afectadas por el “Moko”. Estudios realizados al respecto, muestran que ello es una consecuencia de la existencia de plantas hospederas portadoras asintomáticas, las cuales siguen operando como una fuente muy importante de potencial de inóculo de la bacteria. Esto implica que el manejo de las arvenses en áreas o en plantaciones afectadas debe ser radical, esto es que no se permita su crecimiento, desarrollo ni mucho menos la producción de semilla.

IMPORTANCIA SOCIO-ECONÓMICA

La enfermedad que afecta al plátano y banano conocida comúnmente como “Moko”, que es ocasionada por *Ralstonia solanacearum* Raza 2, es considerado como uno de los problemas fitosanitarios más serios que afectan a dichas especies en las regiones tropicales y subtropicales del mundo, constituyéndose de igual manera en un problema potencial para aquellos países y áreas en los que aún no se ha detectado su presencia.

Esta enfermedad, según Rorer, Buddenhagen, Elasser y Lozano, citados por Thurston (1989), ocasionó graves pérdidas en 1840 en Guyana, luego hacia finales del siglo XIX causó en Trinidad la destrucción casi total del cultivar de plátano “Moko”, de donde la enfermedad deriva su nombre. En la década de 1960 devastó el cultivo del plátano en América Central, al igual que en Colombia y la selva amazónica del Perú, un patotipo transmitido por insectos. Se estima que en América Latina la enfermedad eliminó cultivos de plátano y banano en miles de kilómetros cuadrados (Buddenhagen, 1968).

En Colombia esta enfermedad se ha registrado a todo lo largo y ancho del país, ocasionando pérdidas considerables, como en el caso del departamento del Caquetá, cuya área sembrada del orden de las 20.000 ha, las cuales en las décadas de 1970 y 1980 fueron arrasadas por dicha enfermedad, registrándose la misma situación en las plantaciones del clon Bluggoe localizadas en las cuencas de los ríos Cauca y Magdalena, que prácticamente recorren el país de sur a norte, a través de zonas aptas para la siembra y explotación de los cultivos de plátano y banano.

Un ejemplo de las pérdidas ocasionadas por el “Moko” la registra Vargas (2001), quien las cuantificó para la zona platanera del departamento del Quindío (Colombia), que abarca una extensión de 42.000 ha, distribuidas en 457 fincas, de las cuales 163, que cubren una extensión 2.500 ha, se encuentran afectadas por la enfermedad, la que entre noviembre de 1999 y noviembre de 2000, ocasionó pérdidas por un valor aproximado de 146,5 millones de pesos (US\$78,000) correspondiente a la producción de 31.318 plantas erradicadas.

Otro de los estudios adelantados por el Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, entre julio de 1998 y diciembre de 2000, en el que se consideró: producción de las plantas erradicadas, jornales dejados de generar y costos de la campaña de erradicación, las pérdidas calculadas ascendieron a \$1,584 millones de pesos aproximadamente (US\$983,400), (Buitrago, 2001).

¹ INIBAP-LAC, Investigador Asociado Honorario, Coordinador Regional y Asistente Coordinación Regional, respectivamente. P.O. box 60-7170 Turrialba, Costa Rica. E-mail: inibap@catie.ac.cr

En el caso del cultivo del banano, las pérdidas totales calculadas por Montes (1995), para la zona de Urabá (Colombia), entre los años de 1991 y 1993 se estimaron por el orden de los 1.418 millones de pesos (US\$1,93 millones aproximadamente), mientras que la inversión en prácticas de manejo para el mismo período fueron aproximadamente de 182,7 millones de pesos (US\$249,100).

Considerando las anteriores pérdidas, éstas tanto desde el punto de vista social como del económico, son bastante elevadas, porque no sólo se está afectando la producción de uno de los componentes básicos de la alimentación de la población de muchos pueblos del trópico y subtrópico que consumen cultivares tipo Francés, Cuerno, Falso Cuerno y Bluggoe, sino también la generación de empleo y de divisas, al igual que el costo de las medidas para tratar de mantener la enfermedad bajo control, que en el caso de banano de exportación opera en una forma mucho más elevada.

EL AGENTE CAUSAL

La bacteria *Pseudomonas solanacearum* E.F.Sm., clasificada en la actualidad dentro del género *Ralstonia*, es la responsable de la marchites bacterial en plantas cultivadas para la producción de alimentos y fibra, ornamentales y arvenses, entre otras.

Tomando como base las plantas hospederas, Buddenhagen, Sequeira y Kelman, citados por Thurston (1989), designan tres razas:

Raza 1, que afecta solanáceas y otras plantas; Raza 2, que afecta banano y heliconias; y Raza 3, que afecta papa.

Al considerar la Raza 2, Buddenhagen y Elasser (1962) y Buddenhagen y Kelman (1964), describen un patotipo que exuda más fácilmente de los tejidos afectados, el cual es transmitido principalmente por insectos. Dicho patotipo se designó como SFR (Small, Fluid, Round), el que puede ser diferenciado del patotipo común que afecta al banano (Raza 2), en base a las características de la colonia en medio diferencial TZC de Kelman.

Al respecto, Stover (1972), basándose en el trabajo realizado por Buddenhagen, establece cuatro patotipos para la Raza 2, denominados como: D, B, SFR y H, Cuadro 1. En la actualidad según French, Sequeira y Lehmann-Dazinger, citados por Granada (2003), la Raza 2 posee los siguientes linajes: A, B, D, H, R y SFR, cuya caracterización se basa en la morfología de la colonia, rango de plantas hospederas y patogenicidad.

Cuadro 1. Características de los cuatro biovars de la Raza 2 de *R. solanacearum*

RAZA BIOVAR	HOSPEDERO (GENOMA)	PRESENCIA DE PUS	TRANSMISIÓN A TRAVÉS DE BRÁCTEAS
D	Heliconia	Negativa	Baja
B	Bananos (AAA) Bluggoe (ABB)	Positiva ó Negativa	Alta
SFR	Bananos (AAA) Plátanos (AAB) Bluggoe (ABB)	Positiva	Alta
H	Bluggoe (ABB)	Positiva	Alta

Fuente: Adaptado de Belalcázar (1991), Stover (1972) y Thurston (1989).

Al respecto, Granada (1995, 2003), al considerar que la alta incidencia de la enfermedad tanto en la zona bananera del norte del país como en la áreas plataneras del interior, estuviese relacionada con mutaciones de

la bacteria hacia linajes más virulentos, estudió para tal efecto la variabilidad de 28 aislamientos correspondientes a nueve departamentos, mediante la técnica del RFLPs (Polimorfismo de Longitud de Fragmentos), encontró que estos corresponden a cuatro MLGs (Genotipos de Locus Múltiple): 25, 47, 48 y 51.

La clasificación también se ha considerado desde el punto de vista bioquímico, recurriendo para su diferenciación a la utilización de los carbohidratos por la bacteria en el medio de cultivo. Para tal efecto Hayward (1964, 1976), estudió 185 aislamientos de *P. solanacearum*, los cuales los clasificó en cuatro biotipos; sin embargo, estos no guardaron ninguna clase de relación con las razas, razón por la que no pueden relacionarse con un determinado sentido ecológico o epidemiológico.

FORMAS DE DISEMINACIÓN

Una vez que la enfermedad supera las barreras establecidas para prevenir su ataque y penetra a un área en donde crecen y se desarrollan plantas susceptibles de ser afectadas, su proceso de diseminación puede llevarse a cabo a través de diferentes mecanismos, entre los cuales el hombre, que por tener en el proceso una responsabilidad directa o indirecta, aparece catalogado como el agente diseminador más importante.

Entre otras formas la bacteria puede diseminarse a través de semilla asexual, como: cormos y colinos o hijuelos provenientes de plantaciones afectadas; plantas o partes de ellas, como: frutos, hojas, tallos, seudotallos y raíces; insectos principalmente del género Hymenoptera, familia Apidae; animales salvajes y domésticos; herramientas y maquinaria agrícola; el agua a través de canales de riego y drenaje, o cualquier clase de vertiente, como: riachuelos, quebradas y ríos; y suelo movilizado directa o indirectamente por medio de herramientas, maquinaria agrícola, botas y zapatos de los operarios y administradores (Belalcázar, 1967, 1991; Galvez y Lozano, 1974).

PLANTAS HOSPEDERAS

Kelman (1953), en su revisión bibliográfica y de literatura sobre *Pseudomonas solanacearum* E.F. Sm., cita como hospederas de la bacteria a más de 187 especies de plantas, entre las cuales figuran plantas cultivadas como plátano, banano, papa, tomate, entre otras, ornamentales como heliconias, petunias, y no cultivadas o arvenses, cuyo número puede superar las 100 especies. Entre 1953 y 1966, según Belalcázar, Uribe y Thurston (1967), se registraron 17 nuevos hospedantes, y finalmente entre 1967 y marzo de 2003 aparecen registradas en revistas científicas, como: *Phytopathology*, *Plant Disease Report*, *Journal Bacteriology*, *Annual Review of Phytopathology* y *Applied and Environmental Microbiology*, al igual que en revistas científicas de varios países, 44 nuevas plantas hospederas, Cuadros 2 y 3.

Cuadro 2. Plantas hospederas de las Razas 1, 2 ó 3 de *Pseudomonas (Ralstonia) solanacearum*

FAMILIAS (42)	GÉNEROS (114)	ESPECIES (234)
Acanthaceae	Barleria Ruellia	B. lupulina Lindl. R. tuberosa L.
Amaranthaceae	Amaranthus	A. graecizans L.
Apocynaceae	Vinca	V. rosea L. (Lochnera rosea (L.) Reichb.)*
Asclepiadaceae	Asclepias	A. curassavica L.
Asteraceae	Clibadium Hypochoeris Soliva	Clibadium sp. H. radicata L. S. anthemidifolia
Balsaminaceae	Impatiens	I. balsamina L.
Boraginaceae	Heliotropium	H. indicum L.
Cannaceae	Canna	C. glauca L., C. Indica L.
Capparidaceae	Polanisia	P. viscosa (L.) DC.
Caryophyllaceae	Spergula Silene	S. arvensis L. S. gallica L.
Casuarinaceae	Casuarina	C. equisetifolia Forst.
Cruciferae	Brassica Capsella	B. campestris L. C. bursa-pastoris (L.) Moench.
Chenopodiaceae	Chenopodium	Ch. ambrosioides L. Ch. amaranticolor Coste et Reyn Ch. paniculatum L.
Chromolaeaceae	Eupatorium	E. odoratum L.
Commelinaceae	Commelina	C. benghalensis L. C. difusa Burm. F. C. nudiflora L. C. longicaulis (Jacq.)
Compositae	Ageratum Ambrosia Aster Bidens Blumea Chrysanthemum Coreopsis Cosmos Dahlia Eclipta Eleutheranthera Emilia Erigeron Eupatorium Galinsoga Gerbera Gnaphalium Gynura	A. conyzoides L. A. artemisiifolia L., A. elatior L., A. trifida L. A. pilosus Willd. B. bipinnata L., B. pilosa L. B. balsamifera DC. C. coronarium L., C. morifolium Ramat. C. speciosa Hiern. C. bininnatus Cav. D. rosea Cav. (D. Pinnata Cav.) E. alba (L.) Hassk E. ruderalis (Schw.) Sch. Bip. E. sonchifolia (L.) D.C. E. canadensis L. (Leptilon canadense (L.) Britt.) E. odoratum L. G. parviflora Cav. Gerbera sp. G. elegans H.B.K. G. crepidioides Benth

Cont. Cuadro 2. Plantas hospederas de las Razas 1, 2 ó 3 de *Pseudomonas (Ralstonia) solanacearum*

FAMILIAS	GÉNEROS	ESPECIES
Compositae (Cont.)	Helianthus Pluchea Senecio Spilanthes Synedrella Tagetes Verbesina Vernonia Xanthium Zinnia	H. annuus L. P. indica Less. S. sonchifolia Moench. S. acmella Murr. S. nodiflora Gaertn T. erecta L., T. tenuifolia Cav. (T. signata Bartl). T. minuta L. V. alata L. V. chinensis Less. X. chinense Mill. Z. elegans Jacq.
Convolvulaceae	Merremia	M. hastata (Desr.) Hall. M. umbellata Hall. M. vitifolia (L.) Hall.
Euphorbiaceae	Acalypha Aleurites Croton Euphorbia Hevea Macaranga Manihot Phyllanthus Ricinus	A. boehmerioides Miq. A. moluccana (L.) Willd. C. glandulosus L. C. glandulosus var. Septentrionalis M. Arg. E. pilulifera L. (E. Hirta L.) Hevea sp. M. tanarius (L.) M. Arg. M. esculenta Crantz. (M. utilisima Pohl.) M. glaziovii M. Arg. P. niruri L., P. corcovadensis Muell. R. communis L.
Gesneriaceae	Erodium	E. moschatum L.
Labiatae	Dysophilla Salvia	D. auricularia (L.) Blume S. privoides Benth.
Leguminosa	Agati Albizzia Arachis Canavallia Cassia Cyamopsis Indigofera Leucaena Mucuna Phaseolus	A. grandiflora Desv. (Sesbania grandiflora Pers.) A. falcata Back. A. hypogaea L. (A. nambyquarae Hoehne) A. rasteiro A. Cheval C. ensiformis DC. C. mimosoides L. (C. leschenaultiana DC.) C. speciosus (sic) I. arrecta Hochst. L. glauca Benth. M. capitata W. & Arn. P. calcaratus Roxb. P. coccineus L. (P. multiflorus Lam.) P. mungo L. (P. Radiatus L.) P. vulgaris L. P. vulgaris var. humulis (L.) Alef. (P. vulgaris var. nanus)

Cont. Cuadro 2. Plantas hospederas de las Razas 1, 2 ó 3 de *Pseudomonas (Ralstonia) solanacearum*

FAMILIAS	GÉNEROS	ESPECIES
Leguminosa (Cont.)	Tephrosia Voandzeia	T. vogellii Hook V. subterranean Thou.
Loganiaceae	Spigelia	S. anthelmia L.
Malghiaceae	Thyrallis	T. glauca Kuntze (Galphimia gracilis Bartl.)
Malvaceae	Hibiscus Urena	H. cannabinus L., H. sabdariffa L. U. lobata L.
Martyniaceae	Proboscidea	P. louisianica (Mill.) Thell. (Martynia proboscidea Glox.) (M. Louisiana Mill.)
Musaceae	Heliconia Musa	H. acuminata A. Rich. H. caribaea Lam. H. imbricata Baker H. latisphata Benth. H. psittacorum L. M. nana Lour. (M. cavendishii Lamb.) M. ensete J.F. Gmel. M. paradisiacal L. M. sapientum L. M. textilis Nee
Pedaliaceae	Sesamum	S. indicum L. (S. orientale L.)
Phytolaccaceae	Phytolacca	P. octandra L.
Piperaceae	Piper	P. auritum H.B.K. P. peltatum L.
Polygalaceae	Polygala	P. paniculata L.
Polygonaceae	Rumex	R. abyssinicus Jacq., R. crispus L. R. acetosella L., R. sagittatus Thunb. R. obtusifolius L.
Portulacaceae	Talium	T. racemosum Rohrb.
Scrophulariaceae	Scoparia	S. dulcis L.
Solanaceae	Atropa Browalia Capsicum Cyphomandra Datura	A. belladonna L. B. americana L. (B. demissa L.) C. frutescens L. (C. annum L., C. baccatum L.) C. frutescens var. longum (L.) Bailey (C. longum DC.) C. betacea Sendt. D. metel L. (D. fastuosa L., (D. cornucopia Hort.) D. meteloides Dunal) D. stramonium L. D. stramonium var. tatula (L.) Torr. (D. tatula L.)

Cont. Cuadro 2. Plantas hospederas de las Razas 1, 2 ó 3 de *Pseudomonas (Ralstonia) solanacearum*

FAMILIAS	GÉNEROS	ESPECIES
Solanaceae (Cont.)	Hyoscyamus Lycopersicon	H. níger L. L. esculentum Mill. (L. lycopersicon (L.) Kast.) L. esculentum var. pyriforme (Mill.) Alef. L. esculentum var. cerasiforme (Mill.) Alef. (L. cerasiforme Dunal) L. pimpinellifolium Mill.
	Nicotiana	N. acuminata (Grah.) Hook N. olata Link & Otto N. olata var. Grandiflora (Otto) Comes (N. affinis Moore) N. atropurpurea (sic) N. atropurpurea var. grandiflora (sic) N. attenuata S. Wats. N. caesia Suksd. N. cavanillesii Dun N. debneyi Domin. N. exigua H.M. Wheeler N. glauca Grah. N. glutinosa L. N. goodspeedii H.M. Wheeler N. gossei Domin. N. langsdorfii Schrank N. latissima (Mill.) DC. N. longiflora Cav. N. macrophylla Lehm. N. maritima H.M. Wheeler N. megalosiphon Heurck. & Muell. Arg. N. miersii Remy. N. nesophila Johnst. N. nudicaulis S. Wats. N. paniculata L. N. plumbaginifolia Viv. N. quadrivalvis Pursh. N. raimondii MacBride N. repanda Willd. N. rotundifolia Lindl. N. rustica L. N. sanderae Hort. N. sylvestris Speg. & Comes N. stocktoni Brandegees N. suaveolens Lehm., N. tabacum L. N. tomentosa Ruiz & Pav. (N. colossea Andr.) N. trigonophylla Dun. N. triplex Kost.

Cont. Cuadro 2. Plantas hospederas de las Razas 1, 2 ó 3 de *Pseudomonas (Ralstonia) solanacearum*

FAMILIAS	GÉNEROS	ESPECIES
Solanaceae (Cont.)	Petunia Physalis Salpiglossis Schizanthus Solanum	P. híbrida Vilm P. alkekengi L. P. angulata L. P. crassifolia Benth P. peruviana L. P. pruinosa L. P. philadelphica Lam. S. sinuata Ruiz & Pav. S. pinnatus Ruiz & Pav. S. aculeatissimum Jacq. S. andigenum Juz. & Buk. S. antipoviczii Buk. S. caldasii Humb. & Bonpl. S. caripense H.B.K S. carolinense L. S. chocoense Bitter S. citrifolium A.Br. S. commersoni Dun. S. demissum Lindl. S. ferox L. S. hirtum Vahl. S. integrifolium Poir S. macrocarpum L. S. mammosum L. S. melongena L. S. melongena var. Breviolaceum L. S. near panduraeforme (sic) S. nigrum L., (S. caribaeum Dunal) S. nodiflorum Jacq. S. pyracanthum Jacq. S. quitoense Lam. S. sucrense Hawkes S. sysymbrii Lam. S. torvum Sev S. tuberosum L. S. umbellatum L. S. verbascifolium L.
Sterculiaceae	Abrama	A. augusta L.
Strelitziaceae	Strelitzia	S. reginae Banks.
Tiliaceae	Corchorus	C. acutangulus Lam.
Tropaeolaceae	Tropaeolum	T. labbianum Hort. T. majus L. T. majus var. nanum (L.) Vilm. T. minus L. T. peregrinum L.
Ulmaceae	Trema	T. amboinensis Blumme
Urticaceae	Fleurya Pilea Pouzolzia	F. interrupta Gaud. P. hyalina L. Pouzolzia sp.

Cont. Cuadro 2. Plantas hospederas de las Razas 1, 2 ó 3 de *Pseudomonas (Ralstonia) solanacearum*

FAMILIAS	GÉNEROS	ESPECIES
Verbenaceae	Callicarpa Lantana Stachytarpheta Tectona Verbena	C. tomentosa (L.) Murr. L. camara var. aculeata (L.) Mohl (L. aculeata L.) L. trifolia L. S. indica (L.) Vahl T. grandis L. V. brasiliensis Vell. V. erinoides Lam. V. hybrida Voss.
Zingiberaceae	Zingiber	Z. officinale Rosc.

* Especies entre paréntesis corresponden a sinónimos.

Fuente: Adaptado de Belalcázar, Uribe y Thurston (1967), Berg (1971), Granada (1996) y Kelman (1953).

Cuadro 3. Plantas hospederas de las Razas 1, 2 ó 3 de *R. solanacearum* registradas entre junio de 1953 y marzo de 2003

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FUENTE
Anacardium occidentale	Marañón	Shiomi <i>et al</i> , 1989
Anthurium sp.	Anturium	Norman and Yuen, 1999
Arabidopsis thaliana		Yang and Ho, 1998
Archontophoenix alexandrae		Akiew and Hams, 1990
Brassica campestris L.	Nabo	Belalcázar, Uribe y Thurston, 1968
Capsella bursa-pastoris (L.) Moench.	Pan y Quesito	Belalcázar, Uribe y Thurston, 1968
Casuarina equisetifolia Forst.	Pino falso	Orian, G., citado Buddenhagen y Kelman, 1964
Cecropia peltata		Berg, 1971
Clibadium sp.		Buddenhagen, 1960
Cucumis sativus		Horita and Tsuchiya, 2000
Cucurbita maxima x c. Moschata		Horita and Tsuchiya, 2000
Cyphomandra betacea	Tomate de árbol	Martín <i>et al</i> , 1982
Chenopodium amaranticolor C.-R.	Cenizo rojo	Belalcázar, Uribe y Thurston, 1968
Chenopodium paniculatum L.	Cenizo	Belalcázar, Uribe y Thurston, 1968
Datura ferox		Aklew and Hans, 1990
Emilia sonchifolia (L.) D.C.	Lechuguilla	Granada, 1996
Erodium moschatum L.	Alfileres	Belalcázar, Uribe y Thurston, 1968
Eucalyptus spp.	Eucalipto	Dianese <i>et al</i> , 1990
Eupatorium odoratum L.	Guaco, falso guaco	Sequeira and Averre, 1961
Fragaria vesca	Fresa	Goto <i>et al</i> , 1978
Galisongia parviflora Cav.	Guasca	Belalcázar, Uribe y Thurston, 1968
Gnaphalium elegans H.B.K.	Lanilla	Belalcázar, Uribe y Thurston, 1968
Heliconia acuminata Rich	Sororoquinha	Sequeira and Averre, 1960, 1961
Heliconia caribaea Lam.	Plátano cimarrón	Buddenhagen, 1960
Heliconia imbricata Baker		Sequeira and Averre, 1960, 1961
Heliconia latispatha Benth	Bihao	Sequeira and Averre, 1960, 1961
Heliconia psittacorum L.	Platanillo	Quinon, Aragaki and Ishii, 1964
Hedychium sp.	Ginger	Aragaki and Quinon, 1965
Hevea sp.	Caucho	Wiersum, citado Buddenhagen y Kelman, 1964
Hypochoeris radicata L.	Diente de León	Belalcázar, Uribe y Thurston, 1968
Kalanchoe sp.		Horita and Tsuchiya, 2000
Lagasca mollis		Kishun <i>et al</i> , 1982
Limonium sp.		Horita and Tsuchiya, 2000
Morus sp.		Horita and Tsuchiya, 2000
Musa textiles Nee.	Abacá	Waite, 1954
Pelargonium capitatum	Geranio	Horita and Tsuchiya, 2000
Phyllanthus corcovadensis Muell.	Balsilla	Granada, 1996
Physalis pubescens L.		Buddenhagen, 1960
Pilea hyalina		Granada, 1996
Piper auritum H.B.K.		Berg, 1971
Piper peltatum L.		Berg, 1971
Portulaca oleraceae		Quimio and Chan, 1979
Ranunculus scleratus		Sunaina <i>et al</i> , 1989
Rumex acetosella L.	Sangre de Toro	Belalcázar, Uribe y Thurston, 1968
Rumex obtusifolius L.	Barrabás	Belalcázar, Uribe y Thurston, 1968
Rumex crispus L.	Lenguavaca	Belalcázar, Uribe y Thurston, 1968

Cont. Cuadro 3. Plantas hospederas de las Razas 1, 2 ó 3 de *R. solanacearum* registradas entre junio de 1953 y marzo de 2003

NOMBRE	CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FUENTE
Silene gallica L.		Cascabelitos	Belalcázar, Uribe y Thurston, 1968
Solanum caripense L.		Llorones	Belalcázar, Uribe y Thurston, 1968
Solanum cinereum			Graham and Lloyd, 1978
Solanum hirtum Vahl.			Berg, 1971
Solanum dulcamara			Olsson, 1976
Solanum nodiflorum Jacq.			Buddenhagen, Quinon and Aragaki, 1963
Solanum umbellatum Mill.			Berg, 1971
Soliva anthemidifolis R.Br.			Belalcázar, Uribe y Thurston, 1968
Spergula arvensis L.		Abrojito	Belalcázar, Uribe y Thurston, 1968
Strelitzia reginae Banks.			Quinon and Aragaki, 1963
Stylosanthes humilis			Aldrick, 1971
Tagetes minuta L.			Dukes, Morton and Jenkins, 1965
Verbena brasiliensis Vell.		Verbena	Belalcázar, Uribe y Thurston, 1968
Xanthosomas roseum Schott.			Berg, 1971
Zingiber officinale Rosc.		Ajenjible, ginger	Ishii and Aragaki, 1963

Considerando el gran número de especies atacadas, Buddenhagen, Sequeira y Kelman, citados por Thurston (1989), clasificaron los aislamientos de *R. solanacearum* en tres razas:

Raza 1, que afecta a tabaco, tomate, otras solanáceas, varias malezas y ciertos bananos diploides.

Raza 2, que afecta bananos y plátanos triploides y heliconias o ambos.

Raza 3, que afecta papa, tomate, pero no es muy virulenta en otras solanáceas cultivadas.

Por otra parte y según Buddenhagen (1965), la Raza 1 de *R. solanacearum* puede estar presente en plantaciones de banano e invadir su raíz; sin embargo, las reacciones de defensa de la planta evitan su establecimiento en los tejidos. En el caso de los cultivos de plátano y banano todos son susceptibles a la Raza 2, cuando son inoculados con dicha raza, la cual también ha sido aislada en forma consistente de plantas de heliconia (Thurston, 1989).

De las especies de arvenses registradas como hospederas de *R. solanacearum*, 25 de ellas, según Gómez y Rivera (1987), crecen en forma espontánea bajo las condiciones de clima medio, el cual no sólo es apto para la siembra del café sino también de los cultivos de plátano. Francés, Falso Cuerno y Bluggoe (Moko, Cuadrado o Cachaco), al igual que del banano Gros Michel, Cuadro 4. Dichas arvenses por ser susceptibles al ataque de la bacteria, pueden constituirse en hospedante potenciales en aquellas zonas libres de la enfermedad. Bajo estas mismas condiciones agroecológicas, Granada (1996), registra la presencia de *Pilea hyalina*, otra arvense que también puede actuar como hospedera de la bacteria.

Cuadro 4.

Arvenses de clima medio hospederas de *R. solanacearum* Raza 2

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	Manrubio
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	Artemisa
<i>Asclepias curassavica</i> L.	Algondoncillo
<i>Bidens cynapiifolia</i> H.B.K.	Cadillo
<i>Bidens pilosa</i> L.	Papunga
<i>Browalia americana</i> L.	Zulia, verbenazul
<i>Canna glauca</i> L.	Chirilla
<i>Commelina diffusa</i> Burm. F.	Canutillo
<i>Croton hirtus</i> (L.) Herit.	Tostoncillo
<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) D.C.	Lechugilla
<i>Euphorbia hirta</i> L.	Canchalagua
<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	Guasca
<i>Ipomoea pes-caprae</i> L.	Besitos
<i>Lantana camara</i> L.	Venturosa
<i>Lantana trifolia</i> L.	Filigrana
<i>Physalis angulata</i> L.	Uchuva
<i>Phyllanthus corcovadensis</i> Muell	Balsilla
<i>Phyllanthus niruri</i> L.	Viernes santo
<i>Pilea hyalina</i> L.	
<i>Polygala paniculata</i> L.	Ipecacuana
<i>Rumex crispus</i> L.	Barrabas, Lengua de vaca
<i>Scoparia dulcis</i> L.	Arrocillo
<i>Solanum nigrum</i> Sendt.	Hierba mora
<i>Spilanthes acmella</i> L.	Botoncillo
<i>Synedrella nodiflora</i> (L.) Gaertn	Cerbatana
<i>Verbena litoralis</i> H.B.K.	Verbena

Fuente: Belalcázar, Uribe y Thurston (1967), Granada (1996), Kelman (1953).

PREVENCIÓN Y MANEJO

Teniendo en cuenta que el “Moko” aún no ha sido registrada su presencia en algunas zonas productoras, es muy importante, según Thurston (1989), que tanto los gobernantes como los cultivadores de plátano y banano, hagan todo el esfuerzo posible para evitar su introducción, recurriendo para tal efecto a todas las normas que están amparadas por la ley, como las medidas cuarentenarias, junto con la concientización de todas aquellas personas que tienen una relación directa e indirecta con la siembra y explotación de dichas especies.

De acuerdo con el mismo autor, las diferentes medidas preventivas existentes no pueden aplicarse a los insectos vectores ni a las corrientes de agua, trátase de riachuelos, quebradas o ríos, para los cuales no operan las normas protectivas como tampoco las divisiones territoriales y en consecuencia la enfermedad, tratándose de América Tropical, terminará eventualmente por diseminarse a todas las zonas productoras.

Al respecto, un ejemplo de diseminación a través de corrientes de agua, lo tenemos en el caso del Perú desde donde se diseminó a las regiones amazónicas de Brasil y Colombia a través de las vertientes y afluentes del río Amazonas y el mismo río en sí, el que se ha encargado de diseminar la bacteria a través de toda su cuenca hidrográfica. La fuente de inóculo ha estado constituida por plantas afectadas que los agricultores las cortan y tiran a las vertientes de agua, con las consecuencias tan catastróficas que hoy se conocen (Belalcázar, 1967).

Si a pesar de la implementación y aplicación de las diferentes medidas preventivas la enfermedad penetra a un país, dichas normas no sólo deben quedar vigentes sino que además deben complementarse con todas aquellas prácticas que impidan su forma de diseminación a fincas o predios vecinos o hacia zonas libres de ella. Para tal efecto y considerando que son muchos los factores que intervienen en dicho proceso, estos deben ser contrarrestados mediante la integración de todos los métodos implementados para su manejo (Belalcázar, 1991, 1967; Galvez y Lozano, 1974).

De acuerdo con esto, al tratar de establecer una plantación en una zona afectada por la enfermedad o en áreas circunvecinas, el proceso debe iniciarse con la preparación del suelo y el ahoyado, para lo cual deben emplearse herramientas o maquinaria agrícola, que hayan sido previamente lavadas y desinfestadas, con lo que se evita la diseminación de la bacteria a través del suelo adherido a sus partes. El agua utilizada en el proceso de lavado puede confinarse en tanques y reciclarse, pero nunca verterse en canales de drenaje o acequias que la conduzcan hacia riachuelos, quebradas o ríos, como también a otras plantaciones.

El proceso de prevención continúa en las etapas de siembra y manejo de la plantación. En primera instancia la semilla a utilizarse, trátase de cormos o colinos (hijuelos), debe provenir necesariamente de plantaciones que estén libres y además no hayan sido atacadas por la enfermedad o en su defecto recurrir al empleo de plántulas producidas en el laboratorio a través de la técnica de multiplicación *in vitro*. Si bien es cierto que estas son un poco más costosas, es una inversión que por la garantía que ofrecen respecto a su estado fitosanitario, que bien vale la pena hacerla.

Una vez que la planta emerge del suelo, esta para que crezca, se desarrolle y produzca un buen racimo, debe ser sometida a una serie de prácticas de manejo directo como la eliminación de hojas verdes dobladas y secas, desguasque, deshije y desbellote; al igual que indirectas como suministro de agua y nutrientes, manejo de arvenses, insectos plaga y enfermedades, las cuales pueden implicar que a las plantas se les ocasione o no cierta clase de heridas, las cuales pueden ser aprovechadas por la bacteria para su penetración a los tejidos de la planta, cuando estas están contaminando las herramientas empleadas en dichas labores. Esto implica que cualquier clase de herramienta o maquinaria a ser utilizada, estas deben ser sometidas a un proceso de lavado y desinfestación previo. La desinfestación debe realizarse preferiblemente y para mayor seguridad al pasar de una unidad productiva a otra, empleándose para tal efecto dos herramientas del mismo tipo y una funda o recipiente, en los que queda en proceso de desinfestación una de las herramientas mientras que con la otra se esta ejecutando la labor respectiva.

Para conservar la calidad de la fruta y proceder posteriormente a su recolección, a la planta hay que infringirle necesariamente cierta clase de heridas las cuales en su mayor parte deben ser ocasionadas con herramientas corto punzantes desinfestadas antes y durante la ejecución de la práctica correspondiente, como: desmane, corte de las hojas que al rozar con los frutos pueden afectar su presentación, separación de los hijos y debilitamiento y doblamiento de la planta para el corte del racimo.

Al ponerse en práctica las anteriores medidas para evitar tanto el ataque como la diseminación de la enfermedad, es conveniente volver a hacer hincapié en algunas de ellas y para ello iniciamos con el suministro del agua a las plantaciones. Esta preferiblemente debe provenir de una fuente localizada en la misma finca, pero como ello en la mayoría de los casos no es posible, hay que evitar al máximo que esta provenga o atraviese por plantaciones que estén afectadas por el "Moko" o cualquier otra clase de problema fitosanitario de gran importancia económica.

Otra práctica, en la que debe hacerse un énfasis muy especial, es en la eliminación de la bellota, chira o mal llamada "inflorescencia masculina", con lo que no sólo se mejora el llenado de los frutos que conforman el racimo sino que también se evita la contaminación de la planta a través de insectos vectores, principalmente del género *Hymenoptera*. Su realización es fundamental sobre todo en aquellos cultivos de plátano y banano, cuyas brácteas y flores son dehiscentes y al desprenderse dejan una herida por la que penetra la bacteria, que es transportada indirectamente por insectos, como: abejas, avispa, entre otros (Belalcázar, 1991; Gálvez y Lozano, 1974; Thurston, 1989).

Los operarios de la finca al igual que su personal administrativo, al desplazarse a las plantaciones deben en forma previa lavar y desinfestar no sólo las herramientas que van a utilizar sino también sus botas o zapatos, ello con la finalidad de eliminar suelo adherido a ellas, el que puede estar contaminado con la bacteria.

En el proceso de desinfestación de las herramientas y la maquinaria agrícola, al igual que las botas y zapatos de los operarios de campo y personal administrativo, pueden utilizarse para tal propósito diferentes productos,

la mayoría de los cuales son de uso muy común en labores domésticas, como desinfectantes y blanqueadores a base de Hipoclorito de Sodio. Estos pueden emplearse sin diluir o diluidos al 1% de su ingrediente activo, i.e., siguiendo las instrucciones dadas por las respectivas casas fabricantes. Otro producto es el Específico o Creolina, que es un aceite esencial derivado de la hulla, el que puede utilizarse al 3% de producto comercial. También puede utilizarse con buen éxito el Agrodyne, cuyo ingrediente activo es Yodo, puede emplearse al 5% de producto comercial. Este último producto posee varias ventajas, como la de matar casi en forma instantánea a los microorganismos contaminantes. Este también es autotituable, por cuanto a medida que se va degradando y perdiendo su efectividad, va cambiando de un color café inicial a claro, ello como consecuencia del efecto de la luz (Belalcázar, 1967; Granada, 2003 y Granada *et al*, 1978; Vargas, comunicación personal).

La dosificación y empleo de cualquier clase de producto que se desee utilizar, debe estar acorde con las normas impartidas al respecto por las diferentes casas productoras y así poder obtener el mejor efecto requerido. Un aspecto importante a tener muy en cuenta en el proceso de desinfección, es el hecho de que los productos se degradan o volatilizan, perdiendo de esta manera su efectividad, por lo tanto hay que estar renovando las soluciones de acuerdo con las instrucciones emanadas al respecto por las casas fabricantes.

Si a pesar de la puesta en práctica de toda esta serie de recomendaciones y medidas, la enfermedad vence las barreras establecidas y penetra a una plantación, a las plantas sospechosas no debe ocasionárseles ninguna clase de heridas, porque a través de ellas pueden liberarse millones de células bacteriales, las cuales al caer al suelo no sólo ocasionan la contaminación de éste sino también las fuentes de agua, las herramientas y las botas de los operarios, cuya consecuencia final es la contaminación de toda la plantación. En estos casos lo más conveniente y apropiado es informar a la Institución Gubernamental más cercana, en el caso de Colombia al ICA, cuyos funcionarios tomarán las decisiones y medidas pertinentes del caso., que necesariamente deben involucrar la erradicación química de las plantas afectas y de las circunvecinas por medidas de seguridad, utilizándose para tal efecto el herbicida Glifosato al 20% de producto comercial (Belalcázar y Marmolejo, 1977).

El Glifosato posee la ventaja de que no sólo mata la planta en un corto período de tiempo, alrededor de 20 días, sino que además destruye la bacteria dentro de sus tejidos (Granada, 2003). Esto tiene un significado muy especial, porque a través de este efecto se logra la eliminación de la bacteria en el sistema radical, el cual a diferencia de las partes aéreas de la planta es muy difícil removerlo del suelo y quemarlo

EL ROL DE LAS PLANTAS HOSPEDERAS EN EL PROCESO EPIDEMIOLÓGICO DE LA ENFERMEDAD

Una vez que la enfermedad penetra a una plantación, debe iniciarse el proceso de su manejo mediante la erradicación de las plantas afectadas, de cuyo grado de afección depende que ésta sea de unos cuantos sitios o bien de toda la plantación, los cuales posteriormente hay que volver a sembrar, sea cual fuese la situación. Surge entonces la pregunta: cuánto tiempo hay que esperar después de la erradicación, para volver a sembrar?

Aparentemente la respuesta estaría dada por el tiempo de supervivencia de la bacteria en el suelo. Sin embargo, Sequeira, citado por Thurston (1989), estudió el efecto del barbecho, para lo cual dejó el terreno en este estado por 24 meses, al cabo de los cuales volvió a sembrar y encontró que su efectividad no era del 100% por cuanto 18 meses después de establecida una nueva siembra, alrededor del uno por ciento de las plantas volvieron a presentar los síntomas de la enfermedad. Al respecto, los estudios adelantados por Belalcázar y Marmolejo (1970) y Belalcázar y Reyes (1972), sobre la supervivencia de la Raza 2 bajo condiciones de la Estación Experimental Nataima del ICA, localizada en un bosque seco tropical a 431 msnm, con suelo franco arenoso, precipitación promedio anual de 1.375 mm y temperatura media de 27°C, la bacteria bajo estas condiciones climáticas y tipo de suelo, cuyas parcelas se mantuvieron sin ninguna clase de vegetación, no sobrevivió por más de seis meses.

Antes de entrar a analizar los resultados de los anteriores estudios junto con las condiciones en que fueron realizados, es muy importante considerar algunos de los factores implicados en la supervivencia de los organismos, a los cuales estos deben recurrir cuando las condiciones edafoclimáticas no son favorables para su ataque. Algunos de ellos como el agente responsable de las Sigatocas negra o amarilla recurre a sus peritecios en los que se anidan las ascas y ascosporas, otros como el agente causal del Mal de Panamá (*Fusarium oxysporum f.sp. cubense*), utiliza para tal fin sus clamidosporas, a través de las cuales puede sobrevivir en el suelo por muchos años, y así podríamos continuar suministrando varios ejemplos, que siempre

nos van a conducir a la misma conclusión: que cada organismo dispone de sus estrategias para sobrevivir. Infortunadamente para las bacterias, pero afortunadamente para el hombre, estas, hasta donde se conoce, no disponen de ninguna clase de estructura para ello.

En este orden de ideas y sin llegar a descartar que para sobrevivir debe poseer alguna clase de mecanismo, podría considerarse que la humedad del suelo juega un papel importante en dicho proceso, pero aún así la puede afectar, porque al mantenerse bajo condiciones de laboratorio a 8°C en agua bidestilada esterilizada, por más de tres o cuatro meses, esta puede mutar de virulenta hacia avirulenta. No vamos a entrar a discutir si al continuar la bacteria con su actividad biológica, la carencia de elementos nutritivos de naturaleza orgánica e inorgánica son los responsables de dicho proceso.

De acuerdo con lo anterior, la bacteria para poder sobrevivir depende hasta cierto punto de la humedad existente en el suelo, lo cual podría ser una explicación para que bajo las condiciones de la E.E. Nataima ésta no pueda sobrevivir por más de seis meses, pero en cambio si lo hace por más de 24 meses en un suelo mantenido bajo condiciones de barbecho. La razón de esta diferencia, que estriba aparentemente en la presencia y ausencia de arvenses bajo los cuales fueron conducidos dichos estudios, permiten poder llegar a concluir que además de la humedad las arvenses también juegan un papel muy importante en la supervivencia de la bacteria.

Volvemos entonces a la pregunta planteada: que una vez que se han erradicado de una plantación las plantas afectadas, cuanto tiempo debe esperarse para volver a sembrar?. Si se dispusiese de cultivares de plátano o banano resistentes, la respuesta sería tan pronto como ello sea posible, pero ante el hecho de que no se dispone de ellos, debe optarse por las recomendaciones emanadas de los estudios adelantados para tal efecto, los cuales en general guardan relación con la práctica de rotación de cultivos.

En empleo de dicha práctica, como una medida de manejo del agente causal de la marchites bacterial, ha sido estudiado por diferentes investigadores. En tal sentido, Smith en 1986, citado por Kelman (1953), fue el primero en sugerirla como una buena medida para el manejo de la enfermedad. Estudios posteriores realizados por el mismo investigador al igual que por Smith y Godfrey (1939), Smith (1941, 1944), suministraron alguna información al respecto. Sin embargo, en algunos casos los resultados obtenidos no fueron satisfactorios (Clayton *et al.*, 1944).

De acuerdo con algunos investigadores esta práctica está limitada por varios factores, como:

- El tiempo requerido para obtener un buen control, tres a cinco años, es impráctico y antieconómico por el largo período de inutilización del suelo (Kelman, 1953).
- La existencia de plantas hospederas, especialmente de especies de arvenses, las cuales contribuyen a su supervivencia, cuando estas se dejan crecer sin ser sometidas a ninguna clase de manejo (Sequeira, 1962).

Siguiendo con estas consideraciones, Smith (1937, 1941), al rotar el cultivo del tabaco con el de maíz, encontró que la presencia de especies de arvenses susceptibles entre los surcos de la plantación, tenía un efecto bastante marcado en la presencia e incidencia de la enfermedad en el cultivo de tabaco, cuando se comparó con parcelas de maíz cuyos surcos se mantuvieron libres de cualquier clase de especie de arvenses. Según Clayton *et al.*, (1944), las diferentes especies de arvenses contribuyen a asegurar la presencia de la bacteria en el suelo.

De acuerdo con esta situación Sequeira (1962), comprobó que existe una cierta correlación entre la población de especies de arvenses susceptibles y la incidencia de la enfermedad entre un año y el siguiente. Según este mismo autor, la Raza 2 de la bacteria, que afecta a ciertas especies de arvenses y a varios cultivares de banano, puede sobrevivir por mucho tiempo bajo las condiciones naturales de suelos vírgenes, gracias a la presencia de arvenses susceptibles. Resultados similares también fueron obtenidos por Buddenhagen (1960), al encontrar arvenses afectadas bajo condiciones naturales, en plantaciones abandonadas de banano en Costa Rica.

Considerando la importancia ya demostrada de la relación entre la especie de arvense y la epidemiología de la enfermedad, y teniendo en cuenta además que la bacteria en ausencia de arvenses hospederas no puede sobrevivir por mucho tiempo en el suelo, es por lo tanto de suma importancia conocer cuáles de las diferentes especies de arvenses pueden actuar como hospederas, lo cual va a permitir entrar a definir sobre las pautas a seguir para su manejo y por ende afectar la supervivencia de la bacteria en el suelo.

Al respecto, de las 232 especies de plantas registradas por Belalcázar, Uribe y Thurston (1967); Berg (1971); Granada (1996); Kelman (1953) y otros investigadores, como hospederas de la bacteria, más del 50% corresponden a especies de arvenses, lo cual muestra la potencialidad de la bacteria para asegurar su supervivencia. Esto comprueba que el manejo de las arvenses, según los estudios adelantados por Belalcázar (1970); Belalcázar y Rojas (1972) y Granada (1996), en terrenos afectados y sometidos al proceso de erradicación de plantas afectadas, debe enfocarse desde un punto de vista radical, el que no debe permitir el crecimiento, desarrollo ni mucho menos su producción de semilla, ya que muchas de ellas no sólo son susceptibles al ataque de la bacteria, muriendo como consecuencia del ataque, sino que además existen otras especies de arvenses que pueden actuar como hospederas asintomáticas de la bacteria, las cuales le aseguran prácticamente por tiempo indefinido su supervivencia en una plantación. En el Cuadro 5, se registran 12 familias y 18 géneros que poseen 24 especies que actúan como plantas hospederas asintomáticas.

Cuadro 5.
Plantas hospederas portadoras de *R. solanacearum* Raza 1, 2 ó 3

FAMILIAS (12)	GÉNEROS (18)	ESPECIES (24)
Asteraceae	Hypochoeris Soliva	H. radicata L. S. anthemidifolia R.B.r.
Caryophyllaceae	Spergula Silene	S. arvensis L. S. gallica L.
Compositae	Bidens Emilia Galinsoga Gnaphalium	B. pilosa L. E. sonchifolia (L.) D.C. G. parviflora Cav. G. elegans H.B.K.
Commelinaceae	Commelina	C. difusa Burm.F.
Cruciferaeae	Capsella	C. bursa-pastoris (L.) Moench.
Chenopodiaceae	Chenopodium	Ch. amaranticolor Coste et Reyn Ch. ambrosioides L. Ch. paniculatum L.
Euphorbiaceae	Phyllanthus	Ph. corcovadensis Muell.
Gesneriaceae	Erodium	E. moschatum L.
Polygonaceae	Rumex	R. acetosella L. R. crispux L. R. obtusifolius L.
Solanaceae	Browalia Physalis Solanum	B. americana L. P. peruviana L. S. caripense H.B.K. S. nigrum L.
Urticaceae	Pilea	P. hyalina
Verbenaceae	Verbena	V. brasiliensis Vell.

Fuente: Belalcázar, Uribe y Thurston (1967), Granada (1996), Kelman (1953).

La existencia de especies de arvenses susceptibles al igual que de portadoras asintomáticas de *R. solanacearum*, muestra que el manejo de las diferentes especies de arvenses en las áreas afectadas, debe enfocarse en una forma integral que permita controlar su crecimiento, desarrollo y producción de semilla, para evitar así que estas continúen actuando como una importante fuente de inóculo potencial de la bacteria.

BIBLIOGRAFÍA

- AKIEW, E.B.; HAMS, F., 1990. *Archontophoenix alexandrae* a new host of *Pseudomonas solanacearum* in Australia. Plant Dis. Rep. 74:615
- ALDRICK, S.J. 1971. Bacterial wilt (*Pseudomonas solanacearum*) of *Stylosanthes humilis* in the Northern Territory. Trop. Gras 5:23-26.
- ARAGAKI, M.; QUINON, V.L. 1965. Bacterial wilt of ornamental gingers (*Hedychium* spp.), caused by *Pseudomonas solanacearum*. Plant Dis. Rep. 49:378-379.
- BELALCÁZAR CARVAJAL, S.L. 1967. Métodos culturales para el control del "Moko" del plátano causado por *Pseudomonas solanacearum* E.F.Sm., ICA, Programa Fitopatología. Bogotá. p. 33.
- BELALCÁZAR CARVAJAL, S.L. 1970. Determinación de la supervivencia de la bacteria *Pseudomonas solanacearum* E.F.Sm., agente causal del "Moko" del plátano y banano. En: 1. Reunión Nacional de Fitopatología y Sanidad Vegetal. Pasto (Colombia), 24-28 mayo. 1970. Memorias. Pasto (Colombia). p. 64-65.
- BELALCÁZAR CARVAJAL, S.L. 1991. El cultivo del plátano en el trópico. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Edit. Feriva. Cali (Colombia). 367 p.
- BELALCÁZAR CARVAJAL, S.L.; MARMOLEJO DE LA TORRE, F. 1977. Erradicación de cepas de plátano por medios químicos. En: ASCOLFI Informa (Colombia). v.3 (6): p.8.
- BELALCÁZAR CARVAJAL, S.L.; REYES, A. 1972. Determinación de la supervivencia de *Pseudomonas solanacearum* E.F.Sm., bajo condiciones de campo. En: 2. Reunión Nacional de Fitopatología y Sanidad Vegetal. Memorias. Ibagué (Colombia).
- BELALCÁZAR CARVAJAL, S.L.; URIBE, G.; THURSTON, H.D. 1968. Reconocimiento de hospedantes de *Pseudomonas solanacearum* E.F.Sm., en Colombia. Fitotecnia Latinoamericana 5: 89-99.
- BERG, L.A. 1971. Weed hosts of the SFR strain of *Pseudomonas solanacearum*, causal organism of bacterial wilt of bananas. Phytopathology 61:1314-1315.
- BUDDENHAGEN, I.W. 1960. Strains of *Pseudomonas solanacearum* in indigenous hosts in banana plantations of Costa Rica and their relationship to bacterial wilt of bananas. Phytopathology 50: 660-664.
- BUDDENHAGEN, I.W. 1965. The relation of plant-pathogenic bacteria to the soil. pp. 269-284. In: Baker, K.F. and Snyder, W.C., eds. Ecology of soil-borne plant pathogens. Univ. of California Press, Berkeley, C.A. 571 p.
- BUDDENHAGEN, I.W. 1968. Banana diseases in the Pacific area. Food Agric. Organ., Plant Protec. Bull. 16 (2): 17-31.
- BUDDENHAGEN, I.W.; ELASSER, T.A. 1962. An insect-spread bacterial wilt epiphytotic of Bluggoe banana. Nature 194: 164-165.
- BUDDENHAGEN, I.W.; KELMAN, A. 1964. Biological and physiological aspects of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. Ann. Rev. Phytopathol. 2: 203-230.
- BITRAGO GALLEGOS, E. 2001. Impacto socio-económico de la enfermedad del "Moko" en plantaciones de plátano y banano (*Ralstonia solanacearum* Raza 2), en seis municipios del departamento del Quindío. pp. 31-35. En: Seminario-Taller manejo integrado de Sigatocas, "Moko" y Picudo negro del plátano en el eje cafetero. Armenia (Colombia).
- CLAYTON, E.E.; SHAW, J.K.; SMITH, T.E.; GAINES, J.G.; GRAHAM, T.W. 1944. Tobacco diseases control by crop rotation. Phytopathology 34: 870 – 883.
- DIANESE, J.C.; DRISTIG, M.C.G.; CRÜZ, A.P. 1990. Susceptibility to wilt associated with *Pseudomonas solanacearum* among six species of Eucalyptus growing in equatorial Brazil. Australas. Plant Pathol. 19: 71-76.

- DUKES, P.D.; MORTON, D.J.; JENKINS, S.F. 1965. Bacterial wilt of *Tagetes minuta*. Plant Dis. Rep. 49: 847-848.
- GALVEZ, E.; LOZANO, C. 1974. Marchitamiento bacterial (Moko) del plátano y banano causado por *Pseudomonas solanacearum* y su control en Colombia. En: Revista ICA (Colombia). v.9(2):137-157.
- GÓMEZ ARISTIZABAL, A.; RIVERA, P.H. 1987. Descripción de malezas en plantaciones de café. Federación Nal. de Cafeteros de Colombia, Centro Nal. Investigaciones Café, Cenicafe. Chinchiná (Colombia). Edit. Carvajal. 490 p.
- GOTO, M.; SHIRAMATSU, T.; NOSAKI, K.; KAWAGUCHI, K. 1978. Studies on bacterial wilt of strawberry caused by *Pseudomonas solanacearum* (Smith) Smith. I. Strains of the pathogen and disease tolerance of strawberry plants. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 44:270-276.
- GRAHAM, J.; LLOYD, A.B. 1978. *Solanum cinereum* R. Br., a wilt host of *Pseudomonas solanacearum* biotype II. J. Austr. Inst. Agric. Sci. 44: 124-126.
- GRANADA CHAPARRO, G.A. 1996. Supervivencia de *Pseudomonas solanacearum* Raza 2 en condiciones de zona platanera del depto. del Quindío. En: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Armenia (Colombia). Tecnología del eje cafetero para la siembra y explotación rentable del cultivo del plátano. Armenia (Colombia), Comité Departamental de Cafeteros del Quindío. p. 95.
- GRANADA CHAPARRO, G.A. 1996. Hospederos de *Pseudomonas solanacearum* Raza 2 en condiciones de la zona platanera del departamento del Quindío. En: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Armenia (Colombia). Tecnología del eje cafetero para la siembra y explotación rentable del cultivo del plátano. Armenia (Colombia), Comité Departamental de Cafeteros del Quindío. p. 96.
- GRANADA CHAPARRO, G.A. 2003. Manejo integrado del Moko (*Ralstonia solanacearum* Raza 2) en cultivos de banano y plátano. p. 6 – 13. En: AUGURA, Centro de Investigaciones de Banano, CENIBANANO. Boletín Técnico 2: 1 - 20
- GRANADA CHAPARRO, G.A.; HOWELL, M.; COOK, D.R. 1995. Caracterización molecular de cepas colombianas de *Pseudomonas solanacearum* Raza 2 a través de la técnica de polimorfismo de longitud de fragmentos de restricción. En: Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, Armenia (Colombia). Mejoramiento de la producción del cultivo del plátano. Armenia (Colombia). Corpoica. p. 187 – 191.
- GRANADA CHAPARRO, G.A.; RAMÍREZ, B.; BELALCÁZAR CARVAJAL, S.L. 1987. Evaluación de la efectividad de varios productos químicos como desinfectantes de herramienta en prácticas de control de "Moko". En: 3. Congreso de la Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines. Manizales (Colombia). Resúmenes. Manizales (Colombia), ASCOLFI. p. 3.
- HAYWARD, A.C. 1964. Characteristics of *Pseudomonas solanacearum*. J. Appl. Bacteriol. 27: 265 – 277.
- HAYWARD, A.C. 1976. Systematics and relationship of *Pseudomonas solanacearum*. p. 6 – 21. In: Proceedings of the first international planning conference and workshop on the ecology and control of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. Sequeira, L. and A. Kelman. eds. North Carolina State Univ., Raleigh.
- HORITA, M.; TSUCHIYA, K. 2000. Genetic diversity of japanese strains of *Ralstonia solanacearum*. Phytopathology 91: 399 – 407.
- ISHII, M.; ARAGAKI, M. 1963. Ginger wilt caused by *Pseudomonas solanacearum* E.F. Smith. Plant Dis. Rep. 47: 710 – 712.
- KELMAN, A. 1953. The bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. North Carolina Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 99: 1-194.
- KISHUN, R.; SOHI, H.S.; RAO, M.V.B. 1980. Two new collateral hosts for *Pseudomonas solanacearum*. Curr. Sci. 49: 639.
- MONTES, L.A.; BURITICÁ, P. 1995. Evolución del impacto económico de la Sigatoka negra y el Moko del banano en Urabá. En: Resúmenes XVI Congreso ASCOLFI, Medellín (Colombia). 63 p.

- OLSSON, K. 1976. Experience of brown rot caused by *Pseudomonas solanacearum* (Smith) Smith in Sweden. EPPO Bull 6: 199 – 207.
- QUIMIO, A.J.; CHAN, H.H. 1979. Survival of *Pseudomonas solanacearum* E.F.Sm. in the rhizosphere of some weeds and economic plant species. Phillip. Phytopathol. 15:108 – 121.
- QUINON, V.L.; ARAGAKI, M. 1963. Bacterial wilt of Bird-of-Paradise caused by *Pseudomonas solanacearum*. Phytopathology 53:1115 – 1116.
- QUINON, V.L.; ARAGAKI, M.; ISHII, M. 1964. Pathogenicity and serological relationship of three strains of *Pseudomonas solanacearum* in Hawaii. Phytopathology 54: 1096 – 1099.
- SEQUEIRA, L. 1962. Control of bacterial wilt of bananas by crop rotation and fallowing. Trop. Agric. 39: 211 – 217.
- SEQUEIRA, L.; AVERRE, C.W. 1960. Occurrence of *Pseudomonas solanacearum* in virgin soils in Costa Rica. Phytopathology 50: 654
- SEQUEIRA, L.; AVERRE, C.W. 1961. Distribution and pathogenicity of strains of *Pseudomonas solanacearum* from virgin soils in Costa Rica. Plant Dis. Rep. 45:435 – 440.
- SHIOMI, T.; MULYA, K.; ONIKI, M. 1989. Bacterial wilt of cashew (*Anacardium occidentale*) caused by *Pseudomonas solanacearum* in Indonesia. Ind. Crops. Res. J. 2: 29 –35.
- SMITH, T.E. 1937. Studies on the host range of *Bacterium solanacearum* (Abstr.). Phytopathology 27:140.
- SMITH, T.E. 1941. Critical tests with crop rotation for control of Granville-wilt of tobacco. Phytopathology 31: 20 – 21.
- SMITH, T.E. 1944. Control of bacterial wilt of tobacco as influenced by crop rotation and chemical treatment of the soil. U. S. Dept. Agr. Circ. 692. 16 p.
- SMITH, T.E.; GODFREY, R.K. 1939. Field survey of the relation of susceptible weeds to Granville-wilt control. (Abstr.) Phytopathology 29: 22.
- SUNAINA, V.; KISHORE, V.; SHEKHAWAT, G.S. 1989. Latent survival of *Pseudomonas solanacearum* in potato tubers and weeds. Pflanzenkr. Pflanzenschutz 96: 361 – 364.
- STOVER, R.H. 1972. Banana Diseases. Commonw. Mycol. Inst., Kew, Surrey, England. 316 p.
- THURSTON, H.D.; GALINDO, J.J. 1989. Moko del banano y el plátano. p. 125 – 133. En: Enfermedades de cultivos en el trópico. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 232 p.
- VARGAS, J.E. 2001. El moko del plátano y banano y su manejo Institucional en el departamento del Quindío. p. 25 – 30. En: Memorias Seminario-Taller manejo integrado de la Sigatoka negra, Moko y Picudo negro del plátano. Armenia (Colombia).
- WAITE, B.H. 1954. Vascular disease of Abaca or Manila Hemp in Central America. Plant Dis. Rep. 38: 575 – 578.

PLANT BREEDING FOR RESISTANCE TO BACTERIAL WILT IN MUSACEAE

Sebastião de Oliveira e Silva¹ José Clério Resende Pereira² Francisco Pinheiro Lima Neto³ Adilson Kenji Kobayashi⁴

RESUMEN

El moko del banano es causado por la bacteria *Ralstonia solanacearum*, raza 2. La enfermedad constituye una seria barrera para el cultivo de la región Amazónica y representa una amenaza para otras regiones productoras. El objetivo de este trabajo es presentar las alternativas diferentes usadas en Brasil en el orden generar nuevas variedades de banano y plátanos, a saber, la obtención de variedad por mejoramiento convencional y las tecnologías de la transformación genéticas. Las evaluaciones de los genotipos fueron conducidas inicialmente en condiciones de campo en un área con alta infestación del agente causador de la enfermedad y posteriormente mediante la inoculación del patógeno en invernaderos. Fueron seleccionados como resistentes los genotipos F2P2, SH3362, 1319-01, 1741-01, 4215-02, 7343-01 y Burmanica. En una segunda etapa, 49 genotipos (incluyendo los resistentes) fueron inoculados con diferentes aislados de la bacteria. Todos los genotipo se mostraron susceptibles a por lo menos, uno de los cinco aislados de *R. solanacearum* utilizados, inclusive los diplóides F2P2, SH3362, 1319-01, 1741-01, 4215-02, 7343-01 y Burmanica, hasta entonces considerados resistentes, los cuales presentaron reacciones de susceptibilidad a *R. solanacearum* aislada del banano del tipo Bluggoe. Los híbridos 1319-01 y F2P2 también fueron susceptibles a *R. solanacearum* aislada de Nanicão. Los híbridos 1741-01 y SH3362 también fueron susceptibles a los aislados de Prata y de Caipira respectivamente. Se observó que el 7343-01 fue susceptible al aislado de Maçã en tanto que el híbrido 4215-02 fue susceptible a *R. solanacearum* aislada de Nanicão siendo que ambos habían sido evaluados anteriormente como resistentes. Con relación a la sobrevivencia de *R. solanacearum* en el suelo, los resultados mostraron que la bacteria puede sobrevivir el suelo por hasta diez meses en latosuelos amarillos y por hasta ocho meses en podzólicos indicando la necesidad de por lo menos 10 meses de restricción al cultivo de plantas del orden *Zingiberales* en áreas de banano con precedentes de la enfermedad. Utilizando diplóides previamente seleccionados para resistencia al Moko (F2P2, SH3362, 1741-01 y 1319-01, 1741-01 y 4214-02) fueron realizadas 223 polinizaciones en Cruz das Almas (BA), siendo producidas 1,643 semillas, que resultaron en la obtención de 986 híbridos. Han sido realizados en el 2003 cuarenta y tres cruzamientos incluyendo el híbrido 1741-01 y los genotipos tetraplóides (YB42-21 FHIA-01 FHIA-18 y PA12-03) y los cultivares (Prata Anã, Prata Común, Prata Ponta Aparada, Prata Santa Maria y Pacovan) y 40 entre el F2P2 y los mismos genotipos tetraplóides y cultivares mencionados siendo producidas 20 semillas. Además, como una alternativa para generar una nueva fuente de resistencia, estudios en transformación genética usando un gen del peptide antibacteriano también están siendo conducidos

ABSTRACT

Moko disease of banana, caused by *Ralstonia solanacearum* race 2 (Smith) constitutes a major drawback for the culture of banana and plantains in the Amazon Region and a menace to other banana producing regions. The objective of this work is to present the different approaches used in Brazil in order to generate new varieties of banana and plantains, namely, conventional plant breeding and genetic transformation technologies. In order to achieve these results, plants were evaluated and selected in highly infested fields. Field selected plants were evaluated by inoculation under greenhouse conditions. Studies on the bacterial survival in the soil were also carried out. Thirty diploid, 34 improved diploid, two triploid varieties and 16 tetraploid hybrids were evaluated in moko-infected field. In a second phase of the experiments, forty six genotypes were evaluated by inoculation with different isolates of *R. solanacearum*. All genotypes tested were susceptible to at least one of the five isolates of *R. solanacearum*. Although apparently resistant in the field, the selected genotypes were also susceptible to at least one of the isolates. The analysis of the bacteria survival in the soil showed that *R. solanacearum* can survive up to 10 months in yellow latosoil and up to 8 months in podzolic soil. A total of 223 pollinations were conducted using the field selected genotypes producing 1,643 seeds. Eighty three crosses involving two selected diploids with four tetraploids and five triploid cultivars produced 20 seeds. In addition, as an alternative to generate a new source of resistance, studies on plant genetic transformation are also conducted using an antibacterial peptide gene.

¹ Plant Breeder DS, Embrapa Cassava & Fruits. C. Postal 007, CEP 44380-000, Cruz das Almas, BA, Brazil. ssilva@cnpmf.embrapa.br

² Plant Pathologist, DS, Embrapa Occidental Amazon. C. Postal 219, CEP 69048-660, Manaus, AM, Brazil.

³ Plant Breeder DS, Embrapa Cassava & Fruits. C. Postal 007, CEP 44380-000, Cruz das Almas, BA, Brazil.

⁴ Plant Biotechnologist, PhD. Embrapa Cassava & Fruits. C. Postal 007, CEP 44380-000, Cruz das Almas, BA, Brazil.

INTRODUCTION

Bananas and plantains (*Musa* spp.) are the most important tropical fruits. They are staple food in the Brazilian tropical areas for both urban and rural population. Banana is the second most produced fruit in the world with a total area of 4.2 million hectares distributed in 124 countries and an annual production of 69 million ton. The main banana producer countries are India, Ecuador, Brazil, China and Philippines, representing 58% of world banana production (FAO, 2002).

Moko disease of banana, caused by *Ralstonia (Pseudomonas) solanacearum* race 2 (Smith), incites wilt of the leaves, starting from the young ones, and necrosis of the candle leaf as well. Immature fruits of infected plants show yellowish color and dry rot of the pulp. Early infection, prior to flowering, causes abnormal development of the bunch, fruit rot before ripening, and some plants may not yield a bunch. The moko disease can be disseminated either by insects, through infested soil or by root contact. These characteristics associated with unavailability of resistant cultivars and low production technology make the moko disease a very serious problem for the banana crop (Buddenhagen, 1961; Takatsu, 1986; Stover, 1972; Matos et al., 1996).

R. solanacearum, race 2, was first reported in Brazil in the Amazon Region, State of Amapá (Tokeshi, 1976). Currently this disease is also present in the States of Amazonas, Pará and Acre, all of them located in the Amazon Region (Takatsu, 1986). According to diagnostic surveys the number of banana orchards affected by the A strain of *R. solanacearum*, race 2, in the Amazon Region has increased in the past years (Matos et al, 1996; Pereira et al, 1997).

Several recessive genes are involved on banana resistance to moko (Vakilii, 1965; Rowe Richardson, 1975). Results reported by Stover (1972), showed several levels of susceptibility to moko in banana cultivars, pointing out that the cultivar Pelipita (ABB) is highly resistant to the pathogen, thus indicating the genetic resistance as a viable control measure for moko in regions where banana crop is cultivated under very low production technology (INIBAP, 1994).

Despite that possibility, no moko resistant germplasm was found when tetraploids (AAAB), such as PV03-44, JV03-15, PA03-22, Pioneira; triploids (AAA) Caipira, Nam, Nanica and Nanicão, (AAB) Pacovan, Prata, Prata Anã, Mysore, Thap Maeo and Ouro da Mata; and plantains (AAB) Pacovi, Pacovan (plantain) and Bluggoe (ABB), were planted in naturally infested soil (Silva et al., 1998).

Different strategies have been proposed in order to improve resistance to bacterial diseases in plants by genetic engineering, including producing antibacterial proteins of non-plant origin, inhibiting bacterial pathogenicity or virulence factors, enhancing natural plant defenses and artificially inducing programmed cell death at the site of infection (Morgues et al., 1998). The constitutive expression of antibacterial peptides from insects is the strategy that has shown the most promising results for control of phytopathogenic bacteria (Jaymes et al. 1993, Sharma et al., 2000; Kobayashi et al., 2001). Therefore, transgenic banana plants expressing antibacterial peptides could be an alternative in generating moko resistant plants as well as new material source to be incorporated in the breeding programs.

The objective of this work is to present the different approaches used in Brazil in order to generate new varieties of banana and plantains, namely, conventional plant breeding and genetic transformation technologies.

METHODOLOGY

Conventional plant breeding field evaluation. Plant material was multiplied at Embrapa Cassava & Fruits (Cruz das Almas, BA, Brazil). Plants were evaluated under field conditions in moko-infected fields at Embrapa Occidental Amazon (Manaus, AM, Brazil). Experiments were installed in the year 2001 using 15 plants/genotype of 30 diploid genotypes (Burmannica, Calcutta, Perak, Birmania, Khae Prae, Malbut, Madu, Monyet, Pa Rayong, Borneo, Khai Nai On, Mambee Thu, S/N 2, TA, Pa Abissinea, Pa Musore 2, Niyarma Yik, Malaccensis, PA Songkla, Raja Uter, Tuu Gia, Sowmuk, Thong Dok Mak, Tjau Lagada, Selangor, SA, IDO 110, Akondro Mainty, Modok Gier and Khae), 34 improved diploids (TH03-01, 0116-01, 0304-02, 0323-03, 0337-02, 1304-04, 1304-06, 1318-01, 1319-01, 1741-01, 2803-01, 4154-01, 4154-06, 4154-08, 4215-02, 4223-03, 4223-06, 4249-04, 4249-05, 4252-03, 4252-04, 4279-06, 4279-10, 4279-13, 4285-02, 5012-02, 5854-03, 7341-01, 7341-03, F2P2, DM 18, M-53, SH3263 e SH3362), two triploid varieties (Grande Naine and Figue Pomme Naine) and 16 tetraploid hybrids (Calypso, Bucanner, Ambrosiam, FHIA-01, FHIA-03, FHIA-18, YB42-21, PV42-53, PV42-68, PV42-81, PV42-85, PV42-129, PV42-142, ST12-31, ST42-08, SH3640).

Evaluation under greenhouse conditions. In a second phase of the experiments, plants were evaluated by inoculation with different isolates of *R. solanacearum*. Ten plants of each diploid (AA) genotype were inoculated with the biovar 1 of *R. solanacearum*, race 2, by injecting 1mL of a bacterial suspension, concentration of 10^8 CFU. mL⁻¹ into the pseudostem at 10 cm from the soil level. Forty six banana genotypes, among them 31 AA diploid (Burmannica, PA Musore, Calcutá, F2P2, SH3362, 1319-01, 1741-01, 4215-02, 7343-01, 0304-02, 0323-03, 0337-02 0116-01, 1318-01, 1304-06, 4223-02, 4249-05, 4279-06, 4249-04, 4223-06, 4154-01, 4252-03, 4279-13, 3422-01, 4285-02, 4279-13, 4154-08, 5012-02, 7341-03, 4285-02, TH03-01), 12 AAAB tetraploid (Bucanner, Calypso, Ambrosia, PV42-53, PV42-68, PV42-81, PV42-85, PV42-142, ST42-08, ST12-31, PC42-01 and SH3640), two AAB triploid (Yangambi 02 and Figue P.Naine) and one ABB triploid (Pelipita), were inoculated with *R. solanacearum* race 2. The isolates of *R. solanacearum* were obtained from infected plants of the cultivars Prata, Maçã, Nanicão, Caipira and Figo.

External symptoms were evaluated at a week interval, based upon the following disease rating scale:

1. No symptoms
2. Necrosis of the candle leaf
3. Yellowing of 2 – 3 leaves
4. Buckle of the petiole
5. Death of the plant

Plants without disease symptoms, eight weeks after inoculation, were considered resistant to moko disease.

***R. solanacearum* survival in high land (non-flooding land) soils.** The experiments were conducted using two different soils of high land ecosystem, yellow latosol and podzolic soil. The soils were infested with naturally infected rhizomes of the cultivars Maçã, Nanica, D'angola and Prata (equal amount of each cultivar). Pseudostems were incorporated in the soils 30 cm depth. Prata Anã and PV03-44 were used as susceptible index plants. For each evaluation period six plants were planted (1.0 m x 0.5 m spacing) for each cultivar. Planting were conducted at 0, 60, 120, 180, 240, 300 and 360 days after soil infestation.

Crossing. During the years 2001 to 2003, in order to generate diploid hybrids, diploid plants (Burmannica, F2P2, SH3362, 1319-01, 1741-01 and 4215-02) previously selected for moko resistance and other agronomical traits were intercrossed. In addition, in the year 2003, forty three crosses using the hybrid 1741-01 with tetraploid genotypes (YB42-21, FHIA-01, FHIA-18 and PA12-03) and AAB cultivars (Prata Anã, Prata Comum, Prata Ponta Aparada, Prata Santa Maria and Pacovan). Forty crosses using F2P2 with the above genotypes were also performed.

Banana Plant Genetic Transformation. The experiments on plant genetic transformation are conducted using the cultivars Pacovan (the most important cultivar in the Northern Brazil), Pacovan-Ken (a Pacovan hybrid resistant to black sigatoka, yellow sigatoka and Panama disease) and the diploids Calcuta and Ouro (resistant to black sigatoka). Plant genetic transformation procedures will be carried out using both *Agrobacterium tumefaciens*-mediated and particle delivery methods. Gene constructions contain either antibiotic or herbicide resistance genes as selectable markers plus the gene of interest (antibacterial peptide).

RESULTS AND DISCUSSION

Evaluation under field conditions. The majority of the eighty tested genotypes were susceptible to moko. Only five diploid hybrids (AA) were resistant.

Although resistance to moko disease has not been detected in triploid and tetraploid commercial varieties so far (Vakilii, 1965; Silva et al., 1998), the results presented in this work show the occurrence of genetic variability among diploid (AA) banana genotypes able to express resistance to *R. solanacearum*, race 2.

The detection of resistance to moko disease in diploid (AA) genotypes opens up a real possibility of creating resistant commercial varieties, through conventional breeding techniques. Considering that only a small number of genotypes was evaluated, it is expected that new sources of resistance to *R. solanacearum*, race 2 would be detected as evaluations continue.

The wild diploid (AA) Burmannica and diploid hybrids (AA) F2P2, SH3362, 1319-01, 1741-01, 4215-02 and 7343-01 were selected as moko resistant.

Evaluation under greenhouse conditions. All forty six genotypes tested were susceptible to at least one of the five isolates of *R. solanacearum* used in our experiments (Table 1). The diploids F2P2, SH3362, 1319-01, 1741-01, 4215-02, 7343-01 and Burmannica which showed moko resistance under field conditions were susceptible to the Figo (Bluggoe ABB) isolate. 1319-01, 4215-02 and F2P2 were also susceptible to the Nanicao isolate. 1741-01 and SH3362 were also susceptible to bacteria isolates from 'Prata' and 'Caipira', respectively. 7343-01 was susceptible to 'Maça' isolate (Table 1).

***R. solanacearum* survival in high land (non-flooding land) soils.** The analysis of bacteria survival demonstrated that *R. solanacearum* can survive up to 10 months in the yellow latosoil and up to 8 months in podzolic soils. The results indicate that cultivation of plants from the *Zingiberales* Order should be avoided in infected fields for at least 12 months (Table 2).

Crossing. A total of 223 crosses involving six diploid genotypes (AA) were conducted. The crosses included a wild species (Bumannica) and five improved genotypes (F2P2, SH3362, 1319-01, 1741-01 e 4215-02) which showed some degree of resistance to moko (Table-3). Hundreds of seeds were obtained from theses crosses. Table 4 shows the results of seed production and hybrid plants generated from ten crosses 1741-01x1319-01, fifteen 1741-01x SH3362 and fourteen 1741-01x F2P2. A total of 4,479 flowers were pollinated producing 1,643 seeds. Currently, plants resulted from these crosses are in the greenhouse (126), nursery (4) and in the fields (269) (Table 4).

During the year 2003, forty three crosses were conducted involving the hybrid 1741-01 with tetraploid genotypes (YB42-21, FHIA-01, FHIA-18 and PA12-03) and cultivars (Prata Anã, Prata Comum, Prata Ponta Aparada, Prata Santa Maria and Pacovan). Also, forty crosses of F2P2 with the above genotypes and cultivars. The crosses produced 20 seeds (Table 5).

Banana Plant Genetic Transformation. Currently, the results of experiments are preliminary and restricted to the establishment of plant regeneration protocols.

TABLE 1- Disease reaction of banana genotypes to different isolates of *R. solanacearum* race 2. Embrapa Occidental Amazon, 2001.

Genotypes	Isolate				
	Figo	Prata	Maçã	Nanicão	Caipira
F2P2	S	R	R	S	R
SH3362	S	R	R	R	S
1319-01	S	R	R	S	R
1741-01	S	S	R	R	R
Burmannica	S	-	-	-	-
4215-02	S	-	-	S	R
7343-01	S	-	S	-	R
0304-02	-	S	S	-	S
0323-03	-	S	S	-	S
0337-02	-	S	S	-	S
0116-01	-	S	S	-	S
1318-01	-	S	-	-	S
1304-06	-	-	-	-	S
4223-02	-	-	-	-	S
4249-05	-	-	-	-	S
4279-06	-	-	-	-	S
4249-04	-	-	-	-	S
Bucanner	S	-	-	-	S
Calypso	S	-	-	-	S
Ambrosia	S	-	-	-	S
Figue P.Naine	S	-	-	-	S
PV42-53	-	S	S	-	S
PV42-68	-	S	S	-	S
PV42-81	-	S	S	-	S
PV42-85	-	S	S	-	S
PV421-42	-	S	S	-	S
ST42-08	-	S	S	-	S
ST12-31	-	S	S	S	S
PC42-01	-	S	S	-	S
SH36-40	-	S	-	-	S
4223-06	-	S	-	-	S
PA Musore	S	R	-	-	S
4154-01	-	S	-	-	S
Calcutá	-	-	-	-	S
4252-03	-	S	-	-	S
4279-13	-	S	-	-	S
3422-01	S	-	-	-	S
Yangambi 02	-	S	S	-	-
4285-02	-	S	-	-	S
4279-13	-	S	-	-	S
4154-08	-	S	-	-	S
5012-02	-	S	-	-	S
7341-03	-	S	-	-	S
4285-02	-	S	-	-	S
Pelipita	S	R	R	-	-
TH03-01	-	S	-	-	S

TABLE 2- Banana plants infected with *Ralstonia solanacearum*, expressed in percentage. Embrapa Occidental Amazon, 2001.

Planting period (days after infestation)	Soil					
	Yellow Latosoil			Podzolic soil		
	Prata Anã	PV03-44	Mean	Prata Anã	PV03-44	Mean
0	100	100	100	100	100	100
60	100	100	100	100	100	100
120	100	100	100	100	80	100
180	80	100	90	80	80	80
240	80	80	80	20	20	20
300	40	60	50	0	0	0
360	0	0	0	0	0	0

TABLE 3. List of crosses conducted with six genotypes selected for moko resistance. Embrapa Cassava & Fruits, 2001-2003 .

Parental		Number of crosses
Female	Male	
Burmannica	F2P2	3
Burmannica	SH 3362	2
Burmannica	1319-01	2
Burmannica	1741-01	2
Burmannica	4215-02	4
Burmannica	7341-01	5
Burmannica	Pa musore 3	-
Burmannica	Burmannica	1
F2P2	7341-01	1
F2P2	Burmannica	6
F2P2	SH 3362	5
F2P2	1319-01	5
F2P2	1741-01	8
F2P2	4215-02	5
F2P2	Pa musore 3	-
F2P2	SH 3362	-
SH 3362	Burmannica	-
SH 3362	F2P2	3
SH 3362	1319-01	4
SH 3362	1741-01	3
SH 3362	4215-02	3
SH 3362	7341-01	-
SH 3362	SH 3362	-
SH 3362	Pa musore 3	-
1319-01	Burmannica	7
1319-01	SH 3362	8
1319-01	1741-01	11
1319-01	F2P2	9
1319-01	7341-01	4
1319-01	Pa musore 3	-

1319-01	1319-01	-
1319-01	4215-02	8
1741-01	Burmannica	12
1741-01	F2P2	12
1741-01	SH 3362	16
1741-01	1319-01	12
1741-01	4215-02	13
1741-01	7341-01	6
1741-01	1741-01	11
1741-01	Pa musore 3	1
4215-02	Burmannica	3
4215-02	F2P2	3
4215-02	SH 3362	5
4215-02	1319-01	4
4215-02	7341-01	-
4215-02	4215-02	-
4215-02	Pa musore 3	-
4215-02	1741-01	6
Total		223

TABLE 4. List of progenies from crosses of genotypes selected for moko resistance. Embrapa Cassava & Fruits, 2001-2003

Cross	C	PF	Seeds			PC	PT	PA
			SR	SE	SG			
1741-01 x 1319-	1	1,093	297	230	-	3	-	132
1741-01 x SH	1	1,572	334	31	200	73	-	-
1741-01 x F2P2	1	1,814	355	96	100	50	4	137
Totais	3	4,479	986	357	300	126	4	269

CE: Number of crosses; FP: Number of pollinated flowers; SR: Number of non-viable seeds; SE: Number of embryos recued in vitro; SG: Number of seeds under greenhouse conditions; PC: Number of seedlings in the greenhouse; PT: Number of seedlings in the nursery; PA: Number of plants in the field.

TABLE 5. List of crosses using two diploid selected for resistance to moko with triploid and tetraploid from the germoplasm bank at Embrapa Cassava & Fruits, 2003.

Female Parental	Number of crosses	
	1741-01	F2P2
YB42-21 (tetraploid)	1	3
FHIA-01 (tetraploid)	5	2
FHIA-18 (tetraploid)	3	3
PA12-03 (Pioneira)	2	1
Prata Anã	19	20
Prata Comum	2	1
Prata Ponta Aparada	4	5
Prata Santa Maria	4	1
Pacovan	3	4
Total	43	40

REFERENCES

- BUDDENHAGEN, I. W. Bacterial wilt of bananas: History and known distribution. *Tropical Agriculture* v.38, p.107-121, 1961.
- FAO. Food and Agricultural Organization. Available at <http://apps.fao.org/page/collections>. 2002. Accessed in: Dec. 10th 2002.
- INIBAP (Montpellier, Franca). GLOBAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL MUSA TESTING PROGRAM; INIBAP, San Pedro Sula, Honduras, 27-30/04/1994. Proceedings..., Montpellier, INIBAP, 1994, 303p
- JAYMES, J.M.; NAGPALA, P.; DESTÉFANO-BELTRÁN, L.; HUANG, J-H; KIM, J.; DENNY, T.; CETINER, S. Expression of a cecropin B lytic peptide analog in transgenic tobacco confers enhanced resistance to bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. *Plant Science*. 98: 43-53. 1993.
- MATOS, A. P. de; SILVA, S. de O.; PEREIRA, J. C. R. Doenças da bananeira no Médio Solimões, Amazonas: moko, mal-do-panamá e sigatoka amarela. *Informativo SBF*, Brasília, v. 15, n. 4, 1996.
- PEREIRA, J. C. R.; COELHO, A. F. da S.; VERAS, S. de M.; GASPAROTTO, L. Levantamento da incidência e prevalência de doenças vasculares da bananeira no Estado do Amazonas. *Relatório Final*. Manaus: MA/Sedag..1997. 15p.
- ROWE, P. R.; RICHARDSON, D. L. Breeding bananas for disease resistance, fruit quality and yield. La Lima, Honduras: Tropical Agriculture Research Service, 1975. (SIATSA. Bull. 2).
- SHARMA A, SHARMA R, IMAMURA M, YAMAKAWA M AND MACHII H. Transgenic expression of cecropin B, an antibacterial peptide from *Bombyx mori*, confers enhanced resistance to bacterial leaf blight in rice. *FEBS Letters* 484: 7-11. 2000.
- SILVA, S. de O.; MATOS, A. P. de; PEREIRA, J. C. R.; MEISSNER FILHO, P. E.; COSTA, D. C.; CORDEIRO, Z. J. M. Actividades del Programa de Mejoramiento de Banano en Embrapa Yuca y Frutales. Informe Final del Proyecto IPGRI/AM-0694-96. Cruz das Almas, Embrapa-CNPMF, 1998. 25 p (Presentado en la VII Reunión del Comité, Asesor Regional INIBAP-LAC, Manzanillo, México, 4-7 de Julio, 1998).
- STOVER, R. H. Banana, plantain and diseases. Kew, Survey England: Commonwealth Mycological, 1972. p.189-203.
- TAKATSU, A. Riscos e consequências da disseminação do moko para outras regiões do Brasil. In: SIMPOSIO SOBRE MOKO DA BANANEIRA, Manaus,, AM 1984. Anais... Cruz das Almas, BA: Embrapa – CNPMF. 1986 p 54-59 (Embrapa-CNPMF, Documento 19).
- TOKESHI, H.; DUARTE, M. L. R. Moko no Território Federal do Amapá. *Suma Phytopathologica*, São Paulo, v.2, n.3, p. 224-229.1976
- VAKILI, N. G. Inheritance of resistance in *Musa acuminata* to bacterial wilt caused by the tomato race of *Pseudomonas solanacearum*. *Phytopathology*, Saint Paul, v.55, p.1206-1209, 1965.

CONTRIBUCIONES DE LA GENÉTICA DE POBLACIONES DE *MYCOSPHAERELLA FIJIENSIS* AL ENTENDIMIENTO Y MANEJO DE LA SIGATOKA NEGRA EN LOS TRÓPICOS

Galileo Rivas. CATIE-Departamento de Agricultura y Agroforestería. 7170. Turrialba, Costa Rica.

Marie F. Zapater, Catherine Abadie, Jean Carlier. CIRAD. Montpellier, France

INTRODUCCIÓN

La enfermedad más importante de los bananos y plátanos es la Sigatoka negra; ocasionada por el hongo ascomiceto *Mycosphaerella fijiensis* (anamorfo *Paracercospora fijiensis*) (Stover y Simmonds 1987). La cronología de la enfermedad, destaca diferentes registros alrededor del mundo, sugiriendo que su origen en el Sudeste Asiático, tal como *M. musicola* que causa la Sigatoka amarilla. En América Latina, desde la primera aparición de la enfermedad en Honduras en 1972 (Mourichon y Furlerton 1990), ésta 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) y Haití (2000) (Zapater & Mourichon, datos no publicados). De igual manera, en el continente africano BLSD se registra por vez primera en Zambia (1973) y Gabón (1978); posteriormente la enfermedad se ha diseminado en toda la franja tropical del continente. El último hallazgo la ubica en Madagascar (2000) (Zapater & Mourichon, datos no publicados).

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. Estudios globales y locales (Carlier *et al.* 1995, Rivas *et al.* 2004) han demostrado las siguientes características comunes: 1) el centro de la diversidad está localizado en el Sudeste de Asia y los eventos de colonización que acompañaron la introducción de los patógenos en otras regiones han llevado a una reducción de la diversidad genética en comparación con el Sudeste de Asia; 2) la diversidad genética se mantiene en todas las poblaciones y se distribuye a escala de la planta, 3) la recombinación genética desempeña un papel importante en la estructura genética; 4) existe una diferenciación genética entre las poblaciones a escalas de global a local.

La información generada puede contribuir a una mejor comprensión del patosistema *Musa-Mycosphaerella fijiensis* y por consiguiente coadyuvar al diseño de nuevas estrategias de manejo. Los párrafos siguientes enfocarán algunas ideas en lo concerniente a la diversidad y la durabilidad de la resistencia, reforzamiento de medidas cuarentenarias, dispersión del patógeno y futuras direcciones de la concepción del patosistema en estudio.

DETERMINACIÓN DE SITIOS DE MAYOR DIVERSIDAD Y DURABILIDAD DE LA RESISTENCIA

En el caso de *M. fijiensis*, globalmente la mayor diversidad se sitúa en el Sudeste Asiático, centro de origen de las musáceas, y en el caso de América Latina y el Caribe, Honduras y Costa Rica muestran los índices de mayor diversidad (Carlier *et al.* 2003, Rivas *et al.* 2004). Estratégicamente los fitomejoradores de *Musa* deberían hacer sus evaluaciones de germoplasma resistente a la Sigatoka negra en estos sitios. En ese sentido, la Fundación Hondureña de Investigaciones Agrícolas (FHIA) hace grandes esfuerzos en desarrollar materiales de *Musa* resistentes a esta enfermedad. En el caso de África, Camerún y Nigeria muestran la mayor diversidad del patógeno; importantes actividades de mejoramiento de musáceas hacen el CARBAP (Camerún) junto con el IITA (Nigeria).

Las ideas anteriores llevarían a determinar la distribución geográfica de genotipos del patógeno, la cual será de gran utilidad para los programas de fitomejoramiento de musáceas y los tamizados de la resistencia; esto conllevará a predecir la eficacia y la durabilidad de la resistencia, ya que muchas veces los tamizados de resistencia se hacen con un limitado número de aislados que no representan la variación genética real ni patogénica del hongo. El caso cubano reviste especial interés para conocer la estructura de poblaciones de *M. fijiensis*, dado que este país cuenta con una amplia distribución de materiales resistentes a la Sigatoka negra.

REFORZAMIENTO DE MEDIDAS CUARENTENARIAS

Los estudios globales y continentales de la genética de poblaciones de *M. fijiensis* establecen la existencia de unidades epidemiológicas diferentes, lo que obliga a los Departamentos de Sanidad Vegetal de los Ministerios de Agricultura de la Región a reforzar la vigilancia fitosanitaria de sus fronteras ya que la simple introducción de material vegetal infectado (hojas, hijos de sucesión y otros) podría portar patotipos del hongo, con virulencias desconocidas, los cuales si entrasen se diseminarian y aleatoriamente recombinarian con cepas locales, que luego evolucionarian a nuevos individuos que podrían expresar epidemias más agresivas que las ya existentes; asimismo la introducción de genes de resistencia a fungicidas sería otra consecuencia de este tipo de eventos.

Por otro lado, el apareamiento de *Mycosphaerella eumusae* (Carlier *et al.* 2000) en las zona del océano indico, advierte la necesidad de una cuarentena efectiva en las zonas tropicales. Se documenta que esta enfermedad es más agresiva que *M. fijiensis* (D. Jones, comunicación personal)

De igual manera, en el ámbito local, el conocimiento de la distribución de diversidad del patógeno conlleva a evitar el trasiego de material vegetal infectado entre fincas y/o localidades de una región geográfica. Por ejemplo, en Costa Rica se documentó la existencia de diferentes niveles de diversidad, en 17 poblaciones geográficas, que fluctuaron entre 0.18 a 0.41 y con una elevada diferenciación genética (Rivas *et al.* 2004). Esto indica que la practica de usar hijos de sucesión, como material de siembra, en el ámbito de pequeños productores deberá limitarse y adoptar en vez de ello, el uso de material proveniente del cultivo de tejidos; el cual sería una de las opciones más viables para restringir o limitar el flujo de genes.

DISPERSIÓN DE *M. fijiensis*

Los estudios de población del patógeno han puesto de manifiesto que en el ámbito mundial o en distancias muy largas, la diseminación ocurre a través del movimiento de material vegetal infectado; en otras escalas (continente y/o país (distancias = centena de kilómetros)) la dispersión ocurrirá con el movimiento de material vegetal infectado y por una dispersión limitada de ascosporas; esto explica la importante diferenciación genética observada, resultante de una diseminación estocástica de la enfermedad. Esto reafirma la necesidad de parar el movimiento de material vegetal infectado para limitar las nuevas introducciones o los intercambios (flujo de genes) entre poblaciones patógenas. En el ámbito de un país y de una planta, distancias inferiores a unos pocas centenas de kilómetros, la dispersión por las ascosporas tomará más importancia y resaltará el flujo de genes, base de la diferenciación genética. Estudios epidemiológicos preliminares sugieren que la distancia media de dispersión de ascosporas a partir de una fuente de inóculo es del orden de una poca cantidad de metros (Abadie *et al.* 2003)

FUTURAS DIRECCIONES

Lo anterior conlleva a fortalecer la investigación en la genética de poblaciones de *M. fijiensis*, ya que esta 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. 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. Si la distribución espacial de las poblaciones del patógeno es cuidadosamente determinada, las tácticas de manejo de la enfermedad podrán ser refinadas en función del conocimiento de las tasas de mutación, recombinación, flujo de genes y selección que el patógeno exhiba en un, agroecosistema. De igual manera, el conocimiento sobre los genes de virulencia del patógeno relacionados con los genes de resistencia del hospedante será de gran utilidad para el diseño de nuevas variedades de musáceas resistentes a la Sigatoka negra, la Red Intencional de Banano y Plátano (INIBAP) ha lanzado una iniciativa en ese sentido para tal fin. Todas estas actividades permitirán fortalecer los enlaces de investigación

entre instituciones locales e internacionales que trabajan con la problemática de la Sigatoka negra en los trópicos.

REFERENCIAS

- Abadie, C., Elhadrami, A., Fouré, E. & Carlier, J. 2003. Efficiency and durability of partial resistance against black leaf streak disease. Proceedings of the 2nd International Workshop on *Mycosphaerella* leaf spot diseases of bananas. San José, Costa Rica. Mayo 20-23. L. Jacome, P. Leiprove, D. Marin, R. Ortiz, R. Romero and J.V. Escalant, editors. p:161-168.
- Carlier J., M.H. Lebrun, M.F. Zapater, C. Dubois and X. Mourichon. 1996. Genetic structure of the global population of Bananas black leaf streak fungus *Mycosphaerella fijiensis*. *Molecular Ecology* 5:499-510
- Carlier, J., Zapater, M.F., Lapeyre, F., Jones, D. & Moorichon, X. 2000. Septoria leaf spot of banana: a newly discovered disease caused by *Mycosphaerella eumusae* (anamorph *Septoria eumusae*). *Phytopathology* 90: 884-890.
- Jones, D.J. 2000. Diseases of banana, abaca and enset. CABI. UK. 544p.
- Leung, H., Nelson, R.J. & Leach J.E. 1993. Population structure of plant pathogenic fungi and bacteria. *Advances in Plant Pathology* 10: 157-205.
- McDonald, B.A. 1999. The population genetics of plant pathogens and resistance breeding strategies. *Vortr. Pflanzenzüchtg.* 46:235-244
- Mourichon, X. & Fullerton R.A. 1990. Geographical distribution of the 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.
- Rivas, G.G., Zapater, M.F., Abadie, C. & J. Carlier. 2004. Founder effects and stochastic dispersal at continental scale of the fungal of bananas *Mycosphaerella fijiensis*, *Molecular Ecology* 13:471-482.
- Rivas, G.G., Zapater, M.F. & J. Carlier. 2004. Genetic differentiation and isolation by distance analysis in the Costa Rican populations of the fungus *Mycosphaerella fijiensis*, *Fungal Genet. and Biology* (in press).
- Stover, R.H. & Simmonds N.W. 1987. *Bananas* .Willey & Sons, New York.

MANEJO ALTERNATIVO DE *Mycosphaerella fijiensis* A TRAVES DE LA INDUCCION DE RESISTENCIA Y USO DE BIOPRODUCTOS

RESISTANCE INDUCTION AND BIOPRODUCTS AS ALTERNATIVE MANAGEMENT OF *Mycosphaerella fijiensis*

Riveros AS¹, FE Rosales² y LE Pocasangre²

SUMMARY

To increase production by using clean technologies with a minimum of chemical applications with no harm to the environment or even more important, to eradicate agrochemical products from technological packages, is a challenge for the banana scientific community. Local resistance induction and the Systemic Acquired Resistance (SAR) approach will be presented in a clear and objective way in this paper, using the plant-pathogen interaction point of view. The biochemical and histological signal complex will be emphasized, going from the inductor (the plant activated in cascade by genes working in transduction of the plant's defense machinery) up to strengthening it against pathogen's aggressiveness or leaving its memory active to be used to repel future attacks. The convenience of using or not cations as inductor assistants or resistance activators will be discussed. The use of SAR mechanisms *per se* to increase yields by generating undesirable accumulation of certain secondary metabolites producing contrary effects than expected, will be also addressed. Analysis of phosphite based fertilizers, intervention of calcium ions or other cations or microelements will be associated to secondary metabolism routes that can be stimulated in the plant to benefit natural resistance induction. The above will be related to proteins associated to pathogenicity (PR), whose genes will be activated during the whole process.

Regarding bio-products utilization, a review of microbiological and botanical origin bio-products will be conducted, explaining the way in which these would work to block, inhibit, or act as antagonists, in a parasitism and resistance inductor, among others. Finally, a mixed management case considering simultaneously two pathosystems (*Radopholus similis*–*Musa* -vs.-*Mycosphaerella fijiensis*–*Musa*) will be presented.

Key words: elicitor, receptor, plant defense, induced resistance, systemic acquired resistance, *Mycosphaerella fijiensis*, *Musa*, black Sigatoka.

RESUMEN

Aumentar la producción con el uso de tecnologías limpias con una mínima aplicación de químicos que no afecten el medio ambiente o lo que sería aun más importante, el lograr la erradicación de agroquímicos de los paquetes tecnológicos, es un reto para la comunidad científica bananera. El enfoque de la inducción de resistencia local y sistémica adquirida (SAR) será presentado en forma clara y objetiva desde el punto de vista de la interacción planta-patógeno. Se enfatizará el complejo de señal bioquímica e histológica desde el inductor (la planta activada en cascada por genes trabajando en la transducción de una maquinaria de defensa de la planta) hasta fortalecerá contra la agresión del patógeno o dejarle activa la memoria para que se defienda de posteriores ataques.

Se discutirá la conveniencia o no de utilizar cationes como coadyuvantes de los inductores o activadores de resistencia, se cuestionará el uso de los mecanismos SAR *per se* para aumentar los rendimientos al generar la acumulación indeseada de ciertos metabolitos secundarios con efecto contrario a lo esperado. El análisis de fertilizantes basándose en fosfitos, la intervención de iones calcio u otros cationes o microelementos será relacionada con rutas del metabolismo secundario que se puedan ver estimuladas en la planta, en beneficio de la inducción de resistencia natural. Esto se relacionará con las proteínas relacionadas con la patogenicidad (PR), cuyos genes serán activados durante todo este proceso.

En cuanto a bioproductos se hará una revisión de aquellos tanto de origen microbiológicos como los botánicos y se explicará la forma como estos actuarían para bloquear, inhibir, antagonizar, en un parasitismo e inducción de resistencia, entre otros. Finalmente, se estudiará un caso mixto de manejo que considera simultáneamente dos patosistemas *R.similis*-*Musa*-vs.-*M.fijiensis*-*Musa*.

¹ Investigador Asociado. Unidad de Fitoprotección, Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Ensenanza "CATIE" Convenio UTolima-CATIE. Turrialba, Costa Rica. E-mail: asrivero@catie.ac.cr

² Coordinador Regional y Asesor científico. Red Internacional para el Mejoramiento Genetico de Banano y Plantano "INIBAP" c/o CATIE". Turrialba, Costa Rica. E-mail: frosales@catie.ac.cr - lpoca@catie.ac.cr.

Palabras claves: inductor, receptor, defensa en plantas, resistencia inducida, resistencia sistémica adquirida, *Mycosphaerella fijiensis*, *Musa*, Sigatoka negra.

INTRODUCCIÓN

En su afán por contrarrestar el ataque de plagas y maximizar la producción, la agricultura moderna es altamente dependiente de insumos y plaguicidas sintéticos. Esto ha traído enormes problemas para la salud animal y humana con un impacto ambiental cada vez creciente. Es una constante, en la gran mayoría de cultivos de importancia económica, el uso de plaguicidas como única estrategia de control de la enfermedad, generando un incremento en las mutaciones de la componente patogénica, otorgándole plasticidad genómica y por consiguiente, mayor resistencia a los agroquímicos comercialmente utilizados.

Lo anterior, ha impulsado la búsqueda de nuevas alternativas para el manejo de enfermedades y plagas agrícolas, basados: (i) en el biocontrol empleando bioproductos de origen vegetal, animal o microbial, explorando el potencial presente en los metabolitos secundarios y (ii) con los avances de la resistencia sistémica inducida o adquirida. En la naturaleza nos encontramos con que las plantas están continuamente expuestas a una amplia gama de microorganismos patogénicos que las pueden atacar, pero estas tienen la capacidad de utilizar varias estrategias de defensa, en función de la constitución genética que posee tanto el hospedero como el patógeno. Bajo esta restricción y atendiendo la hipótesis gen-por-gen expuesta por Flor [1971], algunos mecanismos de resistencia serán específicos para ciertos cultivares y cepas de patógenos, dado que los genes de resistencia (alelo dominante R-) de la planta son receptores de las moléculas específicas del patógeno como resultado de la expresión de sus propios genes de avirulencia (alelo dominante Avr-).

El objetivo de esta presentación es la de analizar, en forma general, los mecanismos de defensa en la interacción planta-patógeno para discutir los avances logrados en el patosistema *Mycosphaerella fijiensis*-*Musa* acercarnos a plantear una estrategia alternativa de control para la Sigatoka negra en el cultivo de banano o plátano. Asimismo, hacer un análisis teórico, de dos patosistemas estudiados en conjunto *Radopholus similis*-*Musa*-**VS**-*Mycosphaerella fijiensis*-*Musa*.

INDUCTOR O "ELICITOR"

En primera instancia, el concepto de inductor (= "elicitador", en inglés) ha sido asignado a moléculas activadoras capaces de inducir la síntesis de fitoalexinas en la planta, en ausencia del patógeno [Albersheim & Valent. 1978, Keen *et al.* 1972]. En la actualidad, este concepto es ampliamente aplicado a múltiples reacciones de defensa que se inducen y agrupan tanto a nivel histológico de barrera física como bioquímico con la síntesis de *novo* de proteínas relacionadas con la patogenicidad (=PR, Protein Related). La naturaleza química de estos inductores es muy variada, tales como: ácidos grasos, RNA levaduras, glicoproteínas, proteínas, péptidos, glicolípidos, lípidos, lipoproteínas, lipopolisacáridos, oligosacáridos, polisacáridos, entre otros. Se pueden encontrar inductores de tipo exógenos y endógenos, dependiendo de como son producidos. En el primer caso, el origen es parasitario o producido por algún agente físico externo, lo que lleva a subclasificar este tipo de inductores en biótico y abiótico, respectivamente. Cuando se menciona al inductor endógeno, se le asimila con células liberadas desde la pared celular (contiene 90% de polisacáridos: celulosa, hemicelulosa y/o pectinasa y, un 10% de proteínas) del hospedante como resultado de la interacción primaria con el patógeno y que estos fragmentos liberados, sean los responsables de inducir la señales de defensa en la misma planta.

El empleo de tratamientos, como: hidrólisis ácida parcial, álcalis, calor y degradación enzimática, han sido rutinariamente utilizados para la obtención experimental *in vitro* de estos inductores bióticos, a partir de la pared de microorganismos patógenos o patógenos inactivos. Cuando la obtención de estos inductores exógenos bióticos es producida *in vivo*, estos son liberados espontáneamente en los filtrados de cultivo de microorganismos patógenos o no, o pueden ser extraídos de tejido infectado por métodos de infiltración en un tampón que lave los espacios intercelulares donde supuestamente ha estado colonizando el patógeno biotrófico a las células del hospedante [Riveros y Lepoivre, 1998, Waldmüller *et al.* 1992]. Asimismo, la extracción de exudados radicales en su interacción con nematodos fitopatógenos [Mateille 1994], la extracción de compuestos orgánicos volátiles desde cepas de bacterias promotoras del crecimiento [Ryu *et al.* 2004] y, la liberación volátiles de plantas infestadas por insectos plaga [Arimura *et al.* 2001; Paré & Tumlinson 1999] han sido importantes componentes en el momento de definir que induce la reacción de defensa.

La literatura reporta una amplia gama de inductores exógenos abióticos de naturaleza química, semi-sintéticos no naturales, que han sido utilizados como inductores de resistencia a enfermedades en trabajos de laboratorio, invernadero y/o en campo, algunos de estos se citaran en la resistencia sistémica adquirida [Kuč 2001; revisión Riveros 2001]. En general, los inductores son moléculas de bajo peso molecular, no cuentan con

una actividad antimicrobiana, muestran acción de protección local inducida y en otras, se vuelven sistémicos e incluso pueden ser de amplio espectro, protegiendo contra enfermedades causadas por diversos microorganismos (hongos, bacterias, micoplasmas, virus y nematodos, entre otros).

El usuario de estos bioproductos, tiene la falsa esperanza de que este inductor sea el sustituto por excelencia del fungicida, pero, es claro que debe ser visto cuidadosamente como una alternativa adicional dentro de un programa de manejo integrado de plagas para el cultivo dado. Toda vez que esta metodología aplica el principio de "inmunización o vacuna" de plantas, de acción netamente preventiva no curativa, de bajo costo y con buena aproximación biocontroladora, sin causar estragos al medio ambiente.

MECANISMOS DE DEFENSA

Los mecanismos de defensa en las plantas, se pueden presentar como respuestas pasivas celular o histológico, por la acumulación de ciertos materiales (lignina, callosa, suberina, gomas, cutina, glicosidos fenólicos, fenoles, quinonas, esteroides, glicoalcaloides, terpenoides y tioninas) al nivel de la pared celular. Entre los mecanismos de defensa no pasivos se puede mencionar la producción de: fitoalexinas, especies activas de oxígeno "AOS", activación del programa de muerte celular, radicales libres, iones calcio, siliconas y silicatos, polifenoloxidasas, peroxidasas, fenilalanina amonía liasa, polímeros de pared unidos a formas fenólicas, glicoproteínas ricas en glicina o hidroxiprolina, lipooxigenasas, fosfolipasas, proteínas ricas en leucina, proteínas antimicrobiales, ribonucleasas, proteasas, péptidos y otras proteínas relacionadas con la patogenicidad (PR), tales como: las quitinasas y las β -1,3-glucanasas, entre otras.

Las PR, son proteínas que se acumulan en respuesta a la infección, aunque también se les encuentra en forma constitutiva, se localizan tanto en los espacios inter como intracelulares, lo que las hace a veces ser básicas o ácidas, se han encontrado de preferencia almacenadas en las vacuolas [Yun *et al* 1997]. Inicialmente, en la relación planta-patógeno, se consideran cinco grandes grupos de PR, usando técnicas bioquímicas y moleculares [Bol *et al* 1990]. En la medida en que se han perfeccionado los métodos de detección aumento la clasificación, ya se reconocen 14 familias de PR y este listado, podría ir en aumento progresivo con el tiempo [van Loon & van Strien 1999].

La activación del programa de muerte celular o reacción hipersensible (RH), es un mecanismo implícito en la inducción de resistencia, como reacción necrótica de defensa rápida y localizada, acompañada de muerte celular. La RH fue descrita por primera vez por Stakman [1915] ocurriendo únicamente en plantas resistentes. Aun es impreciso si la RH es pre-requisito para que sé de la resistencia o simplemente es la consecuencia de otros mecanismos que limitan al patógeno. Ya se han encontrado casos de plantas interactuando con bacterias, hongos y virus que siendo resistentes, no utilizan la señal de RH y esto cuestiona el papel central y prioritario que siempre se le asigno [Bendahmane *et al.* 1999]. La respuesta a esta pregunta, muy seguramente, vendrá de manos de técnicas basadas en genética, bioquímica y/o citología [Kombrink & Schmelzer 2001].

RESISTENCIA SISTÉMICA INDUCIDA (RSI) Y RESISTENCIA SISTÉMICA ADQUIRIDA (RSA)

La RSI fue descubierta a comienzos del siglo pasado, en 1901, con los ensayos de "inmunización" realizados separadamente por Ray y Beauverie [Beauverie 1901, Ray 1901]. La RSA fue descrita por primera vez por Ross en 1961 en estudios de resistencia inducida al TMV en el tabaco. Ambos RSI y RSA son mecanismos naturales de defensa, considerados términos sinónimos para un importante grupo de investigadores en este campo. No obstante, otros científicos consideran que la RSI ocurre cuando los mecanismos de defensa en la planta son estimulados y actúan para resistir la infección causada por el patógeno. Esta activación de RSI se da por la proximidad de microorganismos estrechamente relacionados o en asocio con el tejido de la planta. Mientras que, en el caso de la RSA en el momento en que se da una infección localizada y la mediación activa de un inductor hace que las células del hospedante enciendan el ciclo de SAM (adenosin-metionina) por una cadena de genes que desencadenan uno o varios mecanismos de defensa contra ese patógeno en particular o inespecífico, contra otros potenciales agresores. La inducción de RSA produce una señal sistémica, entiéndase la protección espacial de diferentes órganos de la misma planta, en un amplio espectro y duración, donde la HR y varias familias de genes de PR son inducidos como mecanismos asociados, determinantes de la respuesta de defensa [Ryals *et al* 1996]. La RSA resulta de la aplicación exógena de diferentes sustancias activadoras, tales como: el ácido salicílico (AS) sus derivados y sus análogos funcionales como el BTH, el ácido nicotínico derivado del 2,6-dicloroisonicotínico ácido, el acibenzolar-S-metil comercializado como Actigard™ o BION™, el cual fue el primer químico sintético desarrollado que funciona estrictamente como activador de RSA [Ruess *et al* 1996]. Uno de los criterios de base según Kessmann y colaboradores (1994) es que estos inductores sintéticos no exhiban *in vitro* actividad de inhibitoria como metabolitos anti-microbial. La acumulación de metabolitos secundarios indeseables o perjudiciales a altas dosis no permisivas por la planta era uno de los

problemas, lo cual se observaba en las pruebas de invernadero y campo, donde se presentaban efectos fitotóxicos indeseables, si se quiere llevar al plano de aplicación comercial. Con el tiempo, este inconveniente ha sido trabajado y solventado con ayuda en la incorporación de cationes (Cu, Mn y Zn) presentes en enmiendas orgánicas o adicionadas externamente en el sustrato. Estos cationes atrapan y reducen los radicales libres de oxígeno que se acumulan durante el desarrollo de la enfermedad, coadyuvan al transporte de iones calcio en el ámbito celular, incrementa la acción de hormonas de crecimiento y la actividad del RNA, entre otras tareas celulares.

ESTUDIO DEL PATOSISTEMA: *Musa-Mycosphaerella fijiensis*

Para ejemplificar este patosistema se utilizaron biopreparados obtenidos desde filtrados de estructuras reproductivas conidiales en germinación de cepas costarricense de *M. fijiensis*. Los cuales por información previa sabíamos que se encontraba un inductor exógeno allí presente (Riveros 1995). Estos filtrados fueron concentrados 10x con ayuda de rotavapor seguido de liofilización y rotulados como la Fracción cruda de Mf (FCMf). El producto resultante fue utilizado para la realización de pruebas de inducción de resistencia que fueron reconfirmadas sobre los mismos cvs. Gran enano (susceptible) y Yangambi Km 5 (resistente), siguiendo el método de inyección y leyendo la necrosis de tejido y la aposición de productos fluorescentes (callosa) en la membrana celular [Riveros y Lepoivre 1998].

Con el fin de evidenciar, si este mismo bioproducto caracterizado químicamente como bien una glicoproteína o un polisacárido (donde la parte sacarida es encargada de la inducción), podría ser responsable de la inhibición del crecimiento de esporas o de la disminución en el diámetro de colonias de *M. fijiensis*, se procedió a utilizar la metodología recomendada por CORBANA para estos fines. Se utilizó la FCMf, un control absoluto (agua) y un control relativo el fungicida comercial Tilt, en todos los casos las concentraciones usadas fueron: 0,01; 0,1 y 0,5 ppm. Los resultados nos muestran que la FCMf a concentraciones de 0,5 ppm presenta un porcentaje de inhibición tanto en ascosporas en la descarga como en el crecimiento de diámetro de colonias [Riveros *et al.* 2003]. El biofungicida FCMf luego de ser liofilizado presenta las siguientes características: polvo grisáceo verdoso fino, soluble en agua, con un pH 7, un peso seco entre 93-95% y una lectura de sólidos totales alrededor de 2×10^{-2} .

Los resultados, cuestionan el papel de un inductor, el cual no puede verse implicado en el rol de metabolito secundario o molécula inhibitoria *in vitro*, como lo menciona Kessmann *et al* [1994] por lo menos para los inductores de RSA. Los cortes histológicos ayudaran a visualizar en forma comparativa con el control agua, cuales han sido las modificaciones celulares mas sobresalientes sucedidas al crecimiento hifal durante la exposición al FCMf.

Los datos acerca del inductor exógeno, estudios de purificación parcial de la FCMf, la caracterización química efectuada y las pruebas biológicas tanto en invernadero sobre plantas como bajo condiciones *in vitro* sobre *M. fijiensis*, nos permite concluir que estamos frente a un fungicida tipo biológico. En un futuro cercano, sería importante diseñar protocolos dirigidos a la obtención masiva o semicomercial del biofungicida a partir de la cepa de *Mycosphaerella fijiensis* que produzca la mayor cantidad de ingrediente activo y no biomasa micelial. Se deberá caracterizar cuales serían los componentes mayoritarios de metabolismo secundario involucrados en el ingrediente activo del biofungicida, realizarle tanto las pruebas toxicológicas como las de inocuidad a los alimentos y medio ambiente. En los ensayos biológicos de campo incluir como controles el fungicida comercial sistémico y el protectante para efectos de recomendaciones posteriores, si como las pruebas con diferentes adherentes.

De otro lado, se retomaran algunos datos puntuales de la presentación de Polanco *et al* (2004), también, presentada en este evento Internacional, para enfatizar el impacto de los metabolitos secundarios y otros mensajes secundarios (etileno, ácido Jasmonico, AS, iones calcio, entre otros) en los mecanismos de defensa de la planta.

Musa-Mycosphaerella fijiensis-VS- *Musa-Radopholus similis*

Aún no se menciona, ni siquiera por equivocación, ni en la literatura ni en foros científicos de fitopatología o control biológico de plagas, la posibilidad del análisis simultaneo de lo que hace un patógeno en el ámbito foliar estudiado en conjunto con el daño causado por una plaga a nivel radicular.

Pues bien, la inducción de resistencia nos da muchas herramientas científicas, para imaginar un escenario donde hongos de suelo no patógenos, que conocemos como hongos endofíticos, puedan proteger la semilla que vamos a plantar en campo y, estas plantas una vez desarrolladas, puedan crecer vigorosas y protegidas contra un amplio espectro de patógenos y plagas. Lo que significa una protección iniciada a nivel de suelo para

contrarrestar los nematodos y que se extienda con el tiempo a nivel foliar, como en el caso del control de la Sigatoka negra causada por *M. fijiensis*. Además, la incorporación dentro de la protección foliar como estrategia amplificadora de señal, de un fungicida de origen botánico, podría complementar el papel como inductor exógeno que refuerza o amplifica la señal de protección local o translocando vía floema a xilema en vertical de descenso, a reforzar la defensa en zona radicular.

En esta parte final, se presentarían diagramas hipotéticos, que ilustran cómo la planta se protege y podría estar expuesta a un manejo de señal vertical (arriba-abajo) bipolar, donde intervendrían mensajeros secundarios, para lograr una inducción de mecanismos de defensa al ataque de nematodos (*R. similis*) y reducir la incidencia y severidad de la Sigatoka negra (*M. fijiensis*).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albersheim P, Valent BS. 1978. Host-pathogen interactions in plants: plants when exposed to oligosaccharides of fungal origin defend themselves by accumulating antibiotics. *J. Cell. Biol.* 78: 627-643.
- Arimura G, Ozawa R, Horiuchi JI, Nishioka T, Takabayashi J. 2001. Plant-plant interactions mediated by volatiles emitted from plants infested by spider mites. *Biochem System Ecol* 29:1049-1061.
- Beauverie J. 1901. Essais d'immunization des vegetaux contre les maladies cryptogamiques. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Seances de l'Academie des Sciences, Paris* 133: 107-110.
- Bendahmane A, Kanyuka K, Baulcombe DC. 1999. The Rx gene from potato controls separate virus resistance and cell death responses. *Plant Cell* 11: 781-791.
- Bol J.F, Linthorst HJM, Cornelissen BJC. 1990. Plant pathogenesis-related proteins induced by virus infectum. *Annu. Rev. of Phytopathology* 28:113-138.
- Flor HH. 1971. Currents status of the gene-for-gene concept. *Annu. Rev. of Phytopathology* 9: 275-296.
- Keen NT, Partridge JE, Zaki AI. 1972. Pathogen produced elicitor of a chemical defense mechanisms in soybeans monogenically resistant to *Phytophthora megasperma* var. *sojae*. *Phytopathology* 62: 768.
- Kessmann H, Staub T, Hofmann C, Metzke T, Hozog J, Ward E, Uknes S, Ryals J. 1994. Induction of systemic acquired resistance in plants by chemicals. *Annu. Rev. of Phytopathology* 32: 439-459.
- Kombrink E, Schmelzer E. 2001. The hypersensitive response and its role in local and systemic disease resistance. *European Journal of Plant Pathology* 107: 69-78.
- Kuč J. 2001. Concepts and direction of induced systemic resistance in plants its application. *European Journal of Plant Pathology* 107: 7-12.
- Mateille T. 1994. Biologie de la relation plantes-nematodes: perturbations physiologiques et mecanismes de defense des plantes. *Nematologica* 40: 276-311.
- Pare PW, Tumlinson JH. 1999. Plant volatiles as a defense against insect herbivores. *Plant Physiol* 121 325-332.
- Ray J. 1901. Les maladies cryptogamiques des vegetaux. *Revue Generale de Botanique* 13: 145-151.
- Riveros AS. 1995. Etude d'eliciteurs associés à la résistance du cultivar de bananier Yangambi Km 5 à *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. Thèse de Docteur en Sciences Agronomiques, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Gembloux, Belgique. Resúmen en: Musarama Junio 1997 Vol. 10 (1) 19.
- Riveros AS, Lepoivre Ph. 1998. Alternativas bioquímicas para el control indirecto de Sigatoka en *Musáceas*. In: Resúmenes XIII Reunión ACORBAT Guayaquil, Ecuador pp 436- 447.
- Riveros AS. 2001. Moléculas activadoras de la resistencia inducida, incorporadas en programas de Agricultura Sostenible. *Revista Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 61: 4-11.

- Riveros AS, Giraldo CI, Gamboa A. 2003. Microbiological control of black leaf streak disease Resúmenes de ponencias. (Eds. L. Jacome, P. Lepoivre, D. Marin, R. Ortiz, R. Romero & J.V. Escalant). Proceedings of the 2nd International workshop on Mycosphaerella leaf spot diseases held in San Jose, Costa Rica, 20-23 May 2002. p:287-296.
- Ross AF. 1961. Systemic acquired resistance induced by localized virus infections in plants. Virology 13: 340.
- Ruess W, Mueller K, Knauf-Beiter KG, Staub T. 1996. Plant activator CGA-245704: An innovative approach for disease control in cereals and tobacco. Pages 53-60 in Bbrihton Crop Protection Conference- Pests and Diseases.
- Ryals JA, Neuenschwander UH, Willits MG, Molina A, Steiner HY, Hunt MD. 1996. Systemic acquired resistance. Plant Cell 8:1809-1819.
- Ryu Ch-M, Farag MA, Hu Ch-H, Reddy MS, Kloepper JW, Pare PW. 2004. Bacterial volatiles induce systemic resistance in Arabidopsis. Plant Physiology 134 1017-1026.
- Stakman EC. 1915. Relation between *Puccinia graminis* and plants highly resistant to its attack. J. Agric. Res 4: 193-199.
- Van Loon LC, van Strien EA. 1999. The families of pathogenesis-related proteins, their activities and comparative analysis of PR-1 type proteins. Physiol Molec Plant Pathol 55: 85-97.
- Waldmüller T, Cosio EG, Grisebach H, Ebel J. 1992. Release of highly elicitor-active glucans by germinating zoospores of *Phytophthora megasperma* f.sp. *glycinea*. Planta 188: 498-505.
- Yun D, Bressan R.A, Hasegawa P. 1997. Plant antifungal proteins. Horticultural Review 14: 39-87.

IMPACTO Y MANEJO DE LA SIGATOKA NEGRA EN EL CULTIVO DE BANANO DE EXPORTACIÓN EN COLOMBIA

Chica, R¹¹; Herrera, M²; Jiménez, I³; Lizcano, S⁴; Montoya, JA⁵; Patiño, LF⁶; Rodríguez, PA⁶; Ruiz, LH⁷

INTRODUCCIÓN

La producción de banano de exportación en Colombia, se realiza en dos zonas ecológicas diferentes ubicadas en la costa norte sobre el mar Caribe, la primera es la zona de Urabá donde se cultivan cerca de 31.000 has con condiciones ambientales de bosque muy húmedo pluvial montano y bosque húmedo tropical, según la clasificación de Holdridge; la segunda es la zona del Magdalena con aproximadamente 11.000 has en banano, correspondiente a la clasificación entre bosque seco tropical y bosque húmedo tropical. Colombia ocupó para el año 2002 el cuarto lugar en volumen de exportaciones de banano, detrás de Ecuador, Costa Rica y Filipinas, con 78'517.868 de cajas para este año y 77'156.706 de cajas para el año 2003 (Ospina, 2004). La agroindustria bananera genera en Colombia cerca de 23.200 empleos directos y 70.000 empleos indirectos.

La Sigatoka Negra, se detectó en Colombia por primera vez en la zona de Urabá, en octubre de 1981 en el centro de ésta región. En los primeros tres años después de su llegada, la enfermedad no causó pérdidas considerables en producción, pero en el año de 1986 se llegaron a perder algo más de 600.000 cajas de banano por maduración de racimos en el campo y fruta en proceso de exportación (Mayorga, s.f.). Desde su aparición, la Sigatoka Negra se ha diseminado por las regiones Atlántica y Pacífica a través de los valles aluviales y hacia la zona central del país por el valle del río Magdalena (Mayorga, 1994). En el mes de agosto de 1987, la enfermedad se observó por primera vez en el sector sur de la zona bananera de Santa Marta (R. Chica, *comunicación personal*), distante de la región de Urabá 400 kilómetros. Su avance actual se presenta por las estribaciones de las tres cordilleras andinas que atraviesan Colombia, donde se ha observado afectando plantas de plátano a alturas de hasta 1.900 m.s.n.m. (Dr.VM. Merchán, *comunicación personal*).

La enfermedad se ha constituido en el principal limitante fitosanitario para la agroindustria bananera de Colombia, llegando a causar una reducción del 56.8% en el peso del racimo cuando no se controla químicamente (Belalcazar, 1991). Los costos de control varían entre 700 – 900 US\$/ha/año, representando cerca del 13.8% de los costos totales de producción del cultivo y el 46% de los costos de los agroquímicos (M. Osorno, *comunicación personal*). Se pretende con esta revisión, describir el comportamiento de la Sigatoka Negra en las zonas bananeras de Colombia, así como su impacto y manejo actual.

DESCRIPCIÓN ECOLÓGICA DE LAS ZONAS PRODUCTORES DE URABÁ Y MAGDALENA

Zona Bananera de Urabá. La zona bananera de Urabá cuenta actualmente con 31.600 has concentradas en una misma región (eje bananero), con un tamaño promedio de finca de 80 has.

Esta zona se encuentra localizada en el noroeste del departamento de Antioquia y comprende en sentido sur-norte los municipios de Chigorodó, Carepa, Apartadó y Turbo. La ubicación geográfica de esta zona, se encuentra entre los 7° 40' 00" y los 8° 05' 50" latitud norte, y los 2° 37'29" y 2° 37'53" longitud occidente (Sierra, 1993). De acuerdo con el mapa de formaciones vegetales, en la zona bananera de Urabá existen las siguientes regiones:

- a. Bosque muy húmedo pluvial montano (bmh-pM), con precipitación anual superior a 4.000 m.m. y temperatura promedio anual de 24 °C. Esta formación aparece al sur de Apartadó y se extiende hasta Chigorodó.
- b. Bosque húmedo tropical (bh-T) con precipitación anual entre 2.000 y 4.000 mm y temperatura anual superior a 24 °C.

El promedio de precipitación en Urabá es de 2.650 mm anuales, con deficiencias hídricas en los meses de enero, febrero y marzo y exceso de agua el resto del año. La humedad relativa promedio anual es del 87% (Sierra, 1993).

¹ Jefe Sanidad Vegetal. Técnicas Baltaime. Santa Marta richica@la.dole.com

² Jefe Sanidad Vegetal. Grupo Daabón. Santa Marta hesargo@telesantamarta.net.co

³ Gerente Sanvel S.A. Urabá ijimenez@sanvel.com.co

⁴ Jefe Sanidad Vegetal. Banacol S.A. Santa Marta slizcano@banacol.com.co

⁵ Jefe Sanidad Vegetal. Uniban S.A. Urabá jmontoya@uniban.com.co

⁶ Cenibanano Augura lpatino@augura.com.co; prodriguez@augura.com.co

⁷ Jefe Sanidad Vegetal.. Expocaribe. S.A. Santa Marta lruiz@uniban.com.co

Zona Bananera de Magdalena: Esta zona comprende actualmente 11.200 has con una alta dispersión de los predios bananeros, donde el tamaño promedio de finca está alrededor de las 5 has. El Cultivo del banano está distribuido en los municipios de Guachaca, Santa Marta, Ciénaga, Zona Bananera, El Retén, Aracataca y Fundación.

La zona está localizada en las coordenadas geográficas: 10°46'00" de latitud Norte y 74°8'00" de latitud Oeste. Esta región se clasifica como Bosque seco Tropical (Bs.-T) y Bosque muy seco Tropical (Bms-T), según las zonas de vida enunciadas por Holdrige, a una altura de 20 m.s.n.m, con una temperatura promedia anual de 27°C; humedad relativa de 82%; evaporación de 1.500 mm por año y una precipitación anual de 1.371,7 mm. (I. G. A. C., 1984, 729, citado por Bornacelly y Bolaño, 2003).

La zona presenta dos períodos lluviosos. El primero se inicia a mediados de abril y finaliza en junio; el segundo se inicia en agosto y se extiende hasta comienzos de diciembre. La época seca corresponde a los períodos de enero a abril y de julio a agosto (5-6 meses). Durante el primer período se registra aproximadamente el 36% del total de la precipitación y en el segundo período el 64%. La precipitación media anual en el sentido Norte-Sur es de 1.200 m.m. No hay vientos constantes, la temperatura varía entre 28 y 30°C, con una temperatura mínima de 21°C. La humedad relativa media es de 85.4% en el sector norte y 83.6% en el sector sur (Sierra, 1993; R.Chica, 2004. *Comunicación personal*).

La condición de menor precipitación en la zona del Magdalena con dos períodos secos, obliga a la aplicación de riego en estos períodos; situación que propicia altos niveles de humedad en las plantaciones durante todo el año, esto sumado a que el riego subfoliar utilizado, al no presentar el ajuste adecuado para el cultivar sembrado, funciona como una lluvia artificial dificultando el control de la enfermedad, como sucede en algunas fincas donde se cambió del cultivar Valery a Gran Enano. En los meses de diciembre a enero-febrero, la humedad en las hojas es cercana a 100 %, debido a la presencia de alta neblina, la cual una vez se disipa, es acompañada por altas temperaturas, haciéndolo un periodo bien crítico porque secunda el periodo de salida de lluvias, es decir, el periodo de transición entre el invierno y el verano (LH. Ruíz. 2004. *Comunicación personal*). Este mismo autor, describe como en la zona del Magdalena, se mantiene alta presencia de fuente de inóculo debido a fincas en abandono de banano y plátano o con muy bajo mantenimiento desde el punto de vista fitosanitario. En cuanto a las condiciones de productividad de las fincas en ésta zona, en muchos periodos y años, ésta ha sido inversamente proporcional a los costos de control de la enfermedad.

En ambas zonas bananeras aún es necesario intensificar la investigación y la capacitación que creen conciencia sobre la necesidad de afrontar la problemática de la Sigatoka Negra con un enfoque de manejo integrado de la enfermedad, no sólo a nivel de finca sino también de región, realizando campañas divulgativas donde se expliquen las bondades técnicas y económicas del cumplimiento y ejecución en forma oportuna de labores para la reducción de inóculo interno, manejo de la humedad, y una adecuada distribución de las poblaciones de plantas. Concientes de esta necesidad tecnológica, Augura adelanta en Urabá y Magdalena, investigaciones de este tipo, en forma participativa con productores bananeros.

DESARROLLO DE LA ENFERMEDAD EN URABÁ Y MAGDALENA

En estudios epidemiológicos realizados bajo las condiciones climáticas de la zona de Urabá, la Sigatoka Negra presenta en banano un período de incubación de 17 días (rango de 17-24 días). Desde incubación hasta la transformación de la pizca en estría, transcurren alrededor de 10 días más y de ésta a la aparición de mancha se pueden llegar a totalizar 40 días.

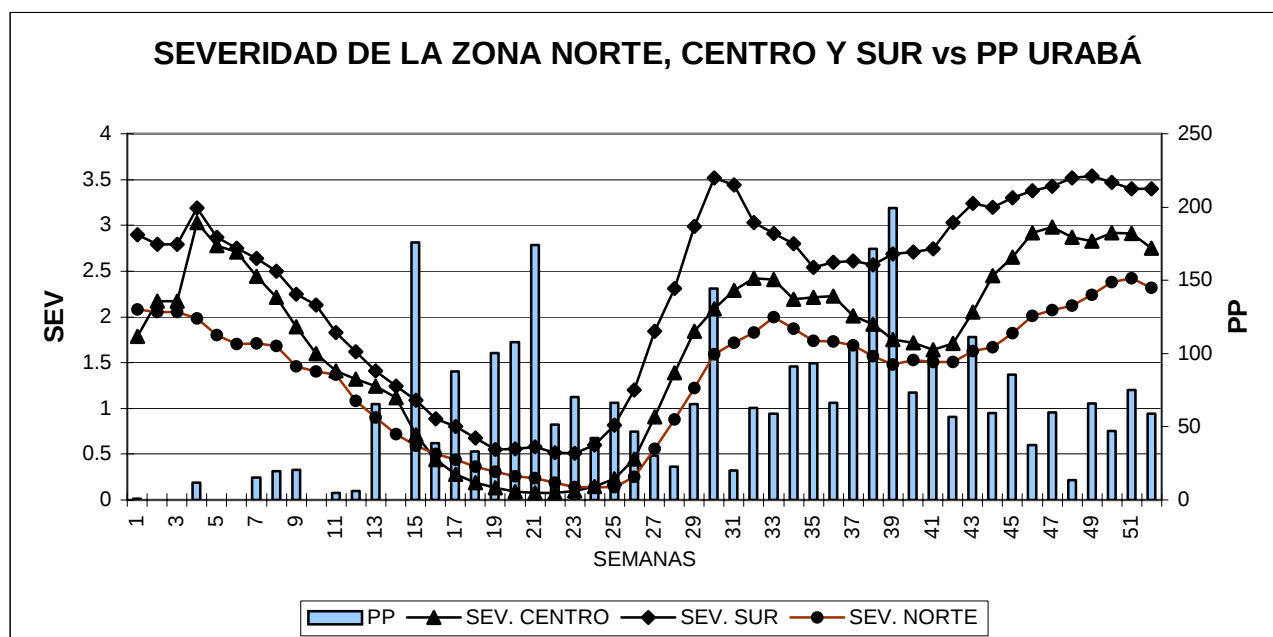
Los primeros conidióforos ocurren normalmente cuando el síntoma se convierte del estado de pizca al primer estado de mancha lo cual ocurre en 21 días; la formación de estructuras sexuales del hongo se inicia con el secamiento del tejido y ocurre cuando el tejido se encuentra completamente necrosado o sea 50 días después de la incubación en banano (Mayorga, s.f.). No obstante es necesario determinar para las condiciones actuales los anteriores períodos de infección, pues el desarrollo de la enfermedad en algunas zonas puede estar indicando que estos períodos pueden haber sufrido algún cambio.

En Urabá, la curva de severidad muestra una relación directa con los niveles de precipitación, mostrando en las primeras semanas del año niveles relativamente altos de infección, como resultado de las altas infecciones que ocurrieron a finales del año, posteriormente con el descenso en las lluvias cae el nivel de severidad hasta el inicio de las lluvias en abril, momento a partir del cual se incrementa la severidad casi en forma progresiva hasta las últimas semanas, producto del incremento también progresivo de la precipitación (Figura 1). Los modelos de infección han determinado que el progresivo desarrollo de la infección, puede llegar a causar

pérdidas de hasta el 100% del área foliar sana (Mayorga s.f.); de igual forma este mismo autor reporta que a pesar del descenso de la infección entre enero y abril, aún persisten esporas en el ambiente, las cuales no encuentran las condiciones requeridas para causar una fuerte infección.

La Sigatoka Negra presenta un comportamiento diferencial en cuanto a la intensidad del daño, siendo mayor en el sector sur y centro, con respecto al sector norte, debido principalmente al régimen de lluvias que es mayor en los dos primeros sectores (Figura 1).

Figura 1. Curva de desarrollo de la severidad de Sigatoka Negra para los sectores norte, centro y sur del eje bananero de Urabá.



En la zona del Magdalena, investigaciones sobre la epidemiología de la enfermedad realizados por Bornacelly y Bolaño, (2003), han determinado que la ecuación de predicción que mejor explican el comportamiento de la enfermedad, en función de la cantidad de inóculo y de la humedad de la hoja, para las fincas con manejo integrado de la enfermedad fue: $\hat{Y} = 7.592 + 0.024 \text{ HHN}$ ($R^2 = 0.826$)

En donde:

$\hat{Y}$ = Valor estimado de la variable dependiente (Variable de mayor interés o predicho).

7.592 = intercepto

HHN = Variable climática Humedad mínima de la hoja.

Según Consuegra y Lorenzo (2004), bajo condiciones de plena exposición, sin control químico de Sigatoka Negra, el período de incubación (PI), definido como el tiempo que transcurre entre la penetración y la aparición de la primera pizca o primer síntoma de la enfermedad, en un primer ciclo fue de 24.1 y 20.6 días para un primer y segundo ciclo de evaluación en Gran Enano y de 20.6 y 21.5 días para un primer y segundo ciclo de evaluación en Valery.

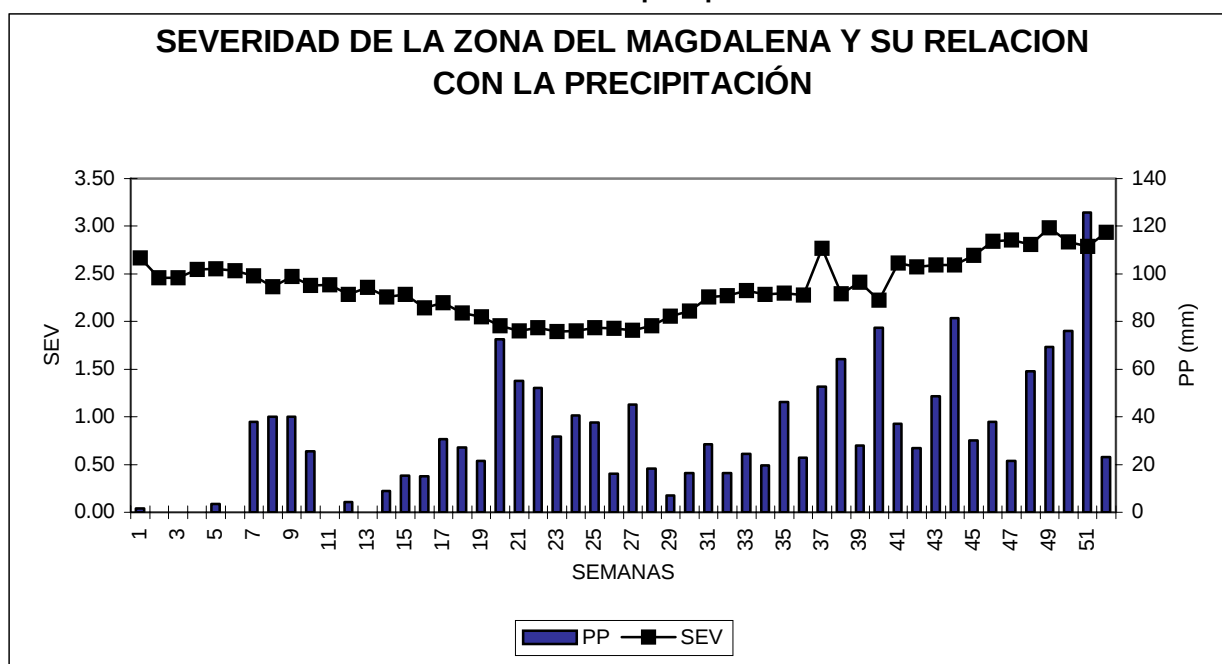
En cuanto al período de latencia (PL) definido como el tiempo que transcurre entre la penetración del inóculo y la formación de las primeras manchas del estado 6 según Fouré, fue de 51.3 y 54.6 días para un primer y segundo ciclo de evaluación en Gran Enano y de 38.0 y 38.7 días para un primer y segundo ciclo de evaluación en Valery.

El período de transición entre un estadio y otro de la enfermedad fue de:

	Gran Enano		Valery	
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 1	Ciclo 2
Entre 1 y 2	3.9 días	3.4	3.7 días	2.4
Entre 2 y 3	7.9	6.0	8.5	5.1
Entre 3 y 4	6.1	4.2	6.7	4.5
Entre 4 y 5	5.0	1.0	4.0	2.3
Entre 5 y 6	4.3	2.8	4.2	2.4

El comportamiento de la Sigatoka Negra en la zona bananera del Magdalena, presenta una tendencia a ser constante, producto de los niveles de humedad en las plantaciones, aportados tanto por el régimen de lluvias y la aplicación de riego durante los períodos secos del año (Figura 2).

Figura. 2. Desarrollo de la Sigatoka Negra en banano en la zona del Magdalena y su relación con los niveles de precipitación.



Al igual que en la zona de Urabá, en la zona del Magdalena, las épocas con mayores pérdidas de fruta, corresponden a los primeros meses del año, en los cuales a pesar de presentarse menores niveles de precipitación, la cantidad de inóculo acumulado de los últimos meses del año, sumado a las condiciones de alto estrés por verano que enfrentan las plantaciones en los primeros meses, predisponen a la planta de banano a madurar tempranamente la fruta; esto acompañado de una disminución en el ritmo de emisión foliar y de la reducción de área fotosintética efectiva, ocasionada por problemas de rasgado de hojas por fuertes vientos, como sucede en Urabá. Posteriormente con la entrada de las lluvias aumenta el ritmo de emisión foliar e inician los programas de aplicaciones de fungicidas sistémicos, los cuales poseen mejor eficacia en el control de la enfermedad que los protectantes utilizados en la época seca.

PROGRAMAS DE CONTROL QUÍMICO EN URABÁ Y MAGDALENA

El control químico de la Sigatoka Negra en Colombia, se basa en el desarrollo de la enfermedad a través del tiempo y las condiciones climáticas en cada zona; el programa de ciclos y aplicaciones para el control se encuentra ajustado a las normas establecidas por FRAC (2004), teniendo en términos generales el siguiente programa de control:

En la zona de Urabá durante los meses secos se recurre a aplicaciones de fungicidas protectantes, y al inicio de las lluvias comienzan las aplicaciones de fungicidas sistémicos en mezcla o cóctel con fungicida protectante durante el resto del año; en la tabla 1 se describe un programa general de control para esta zona.

Tabla 1. Programa de aplicaciones de fungicidas para una compañía en la zona de Urabá

PRODUCTO	CICLOS/ AÑO	PERÍODO DE APLICACIÓN	MEZCLAS
Triazoles	8	Mayo- Diciembre	Emulsión agua-aceite. 2 gln aceite/ha + 850 gr i.a.Mancozeb/ha. 5gln mezcla/ha
Estrobilurinas	3	Abril, Agosto, Diciembre	Emulsión agua-aceite. 2 gln aceite/ha + 850 gr i.a.Mancozeb/ha. 5gln mezcla/ha
Morfolinas	7	Mayo- Diciembre	Emulsión agua-aceite. 2 gln aceite/ha + 850 gr i.a.Mancozeb/ha. 5gln mezcla/ha
Protectante	8	Enero a Marzo	Solución en agua. 5gln mezcla/ha
TOTAL	26		

Para la zona del Magdalena, se utiliza un programa general de aplicaciones de fungicidas protectantes, en número de 4 durante el período de enero a abril, en promedio se realizan 8 ciclos de triazoles, 4 de estrobilurinas y 9 de morfolinas al año. Los ciclos de fungicidas utilizados en esta zona se describen en la tabla 2.

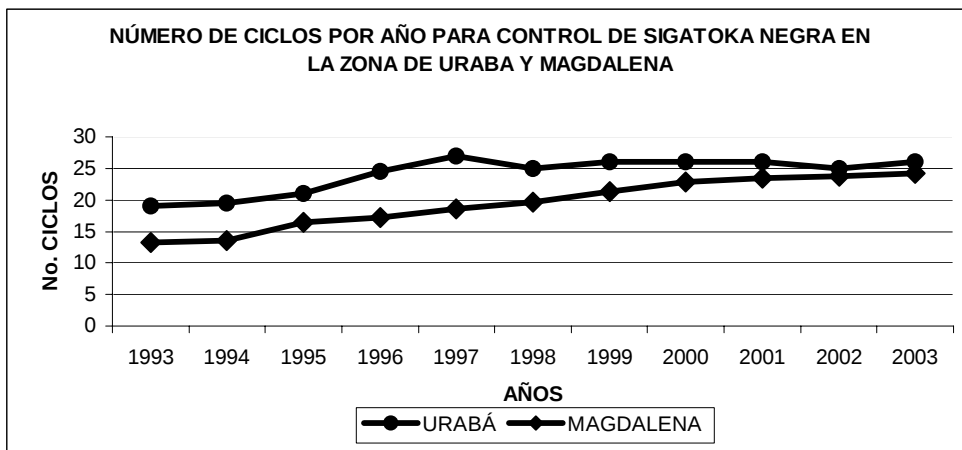
Tabla 2. Programa de aplicaciones de fungicidas para una compañía en la zona bananera del Magdalena

PRODUCTO	CICLOS/ AÑO	PERÍODO DE APLICACIÓN	MEZCLAS
Triazoles	8	Enero, Mayo- Diciembre	Emulsión agua-aceite. 2 gln aceite/ha + 850 gr i.a.Mancozeb/ha. 5gln mezcla/ha
Estrobilurinas	4	Mayo, Julio, Octubre, Diciembre	Emulsión agua-aceite. 2 gln aceite/ha + 850 gr i.a.Mancozeb/ha. 5gln mezcla/ha
Morfolinas	9	Enero- Diciembre	Emulsión agua-aceite. 2 gln aceite/ha + 850 gr i.a.Mancozeb/ha. 5gln mezcla/ha
Protectante	4	Enero-Abril	Solución en agua. 5gln mezcla/ha
TOTAL	25		

En cuanto al número de ciclos necesarios para controlar la enfermedad en los últimos 10 años, éste presentó un comportamiento ascendente para la zona de Urabá entre 1993 y 1997, con 19 y 27 ciclos respectivamente, estabilizándose entre 25-26 ciclos a partir del año 1998 hasta el presente. Para la zona del Magdalena, el incremento ha sido más constante, teniéndose 13.3 ciclos en el año 1993 y 24.2 ciclos para el año 2003 (Figura 3).

Factores como cambios en la epidemiología de la enfermedad, aumento en agresividad del patógeno, condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad en las fincas y aumento de frecuencia de individuos resistentes a fungicidas, pueden estar explicando los incrementos en el número de ciclos; no obstante es necesario generar investigación que explique este comportamiento y que evite mayores incrementos en los costos de control de la enfermedad.

Figura 3. Comportamiento del número de ciclos de fungicidas para el control de Sigatoka Negra en las zonas de Urabá y Magdalena en los últimos 10 años

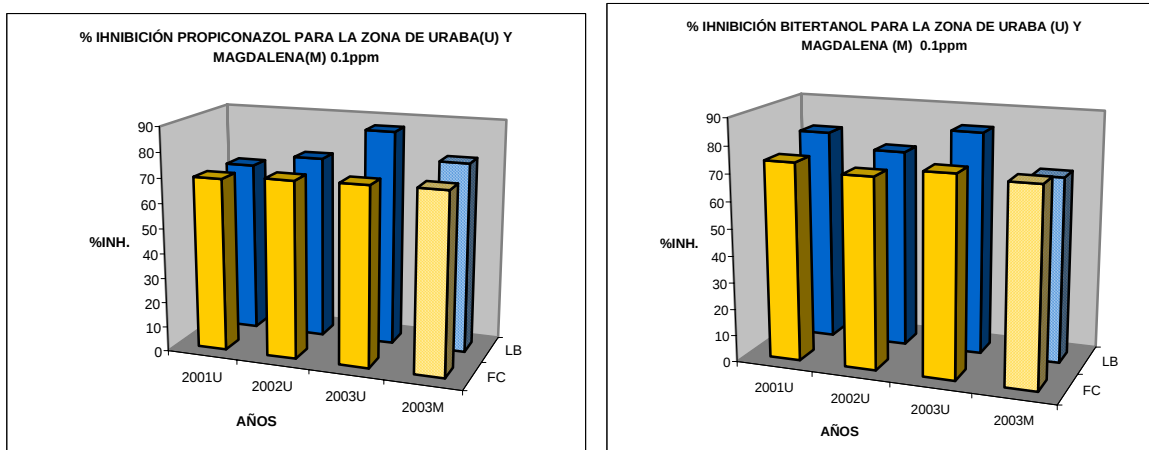


MONITOREO DE SENSIBILIDAD A FUNGICIDAS

A continuación se describe la situación general del estado de sensibilidad a los principales fungicidas sistémicos, utilizados para el control de la Sigatoka Negra en Colombia.

Triazoles. En la zona bananera de Urabá, se detecta en promedio hasta el año 2003, buenos niveles de sensibilidad a fungicidas triazoles, sin embargo es determinante continuar monitoreando la sensibilidad para estar atentos ante el riesgo de perder eficacia de estas moléculas (Figura 4).

Figura 4. Porcentaje de inhibición de tubo germinativo promedio para fincas bananeras de Urabá (U) y Magdalena (M), para los fungicidas triazoles: propiconazole (derecha) y bitertanol (izquierda) FC = Fincas Comerciales, LB = Línea Base

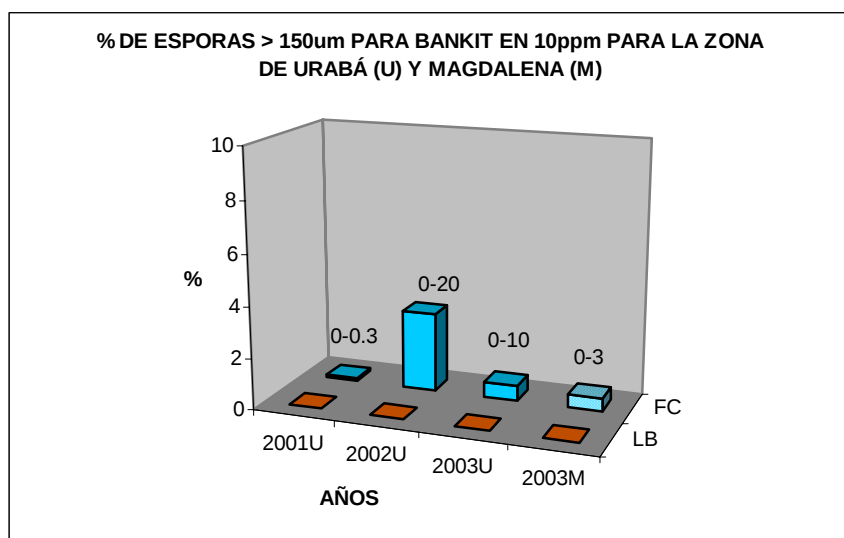


Tridemorf. Esta molécula presenta en términos generales un comportamiento similar al de la línea base, sin embargo, con frecuencia, se encuentran algunos desviaciones con respecto a la sensibilidad de esta, no obstante estos cambios al parecer no son significativos; teniendo en cuenta que por su modo de acción en dos sitios del metabolismo del hongo, se disminuye el riesgo de generar resistencia (Cronshaw *et al.* 1994). De otro lado en investigaciones sobre la agresividad de aislamientos de *M. fijiensis* resistentes a este fungicida, se ha encontrado que este tipo de resistencia implica un costo en agresividad del patógeno, haciéndolo menos agresivo con respecto a los aislamientos sensibles (Mira y Patiño, resultados no publicados), lo que reduce sus

posibilidades de adaptabilidad en la población del hongo, disminuyendo así el impacto de la resistencia a este producto sobre el control de la Sigatoka Negra.

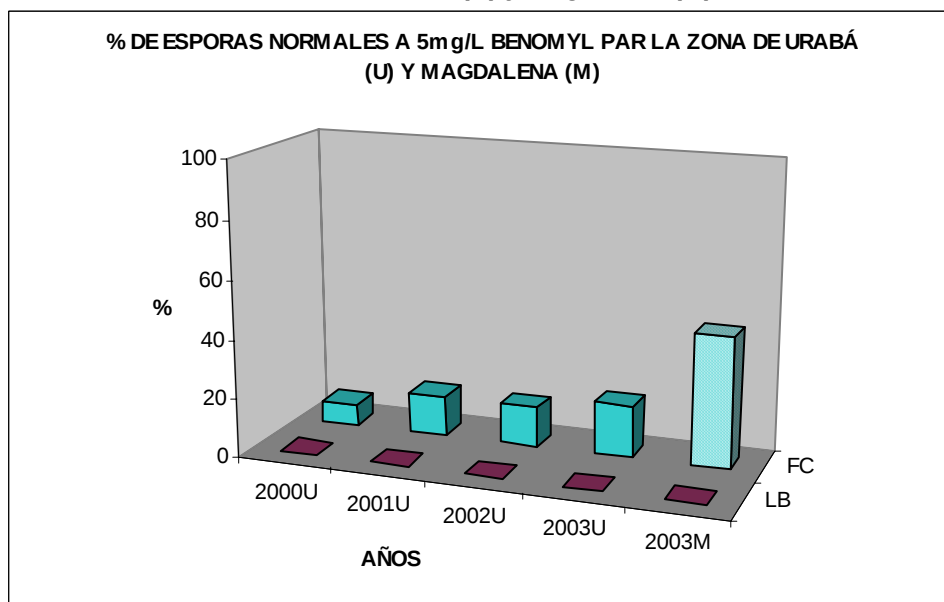
Estrobilurinas. Estos fungicidas, hasta el presente muestran buenos porcentajes de sensibilidad respecto a la inhibición de tubo germinativo, no obstante ya se han detectado proporciones bajas de esporas resistentes a Azoxystrobin desde el año 2002, y a Trifloxistrobin en el año 2003, lo cual ha sido motivo de alerta para intensificar el buen uso de este grupo de fungicidas y preservarlas en el tiempo (Figura 5).

Figura 5. Porcentaje de esporas normales (> 150 μ m) a 10 ppm de Azoxistrobin en Urabá (U) y Magdalena (M). Los números en las barras indican la variación en porcentaje de esporas resistentes en fincas para cada año



Benomil. En Colombia, se comenzaron a detectar en Urabá, altos niveles de esporas resistentes a este producto en 1998, lo cual llevó a usar el producto de acuerdo a los análisis de sensibilidad en las fincas; su uso fue suspendido de los programas de control en el año 2000 por el riesgo de perder eficacia en el control. A pesar de ser retirado, aún se observan esporas catalogadas como resistentes a benomil (Figura 6). Actualmente en la región del Magdalena, se aplica productos genéricos de benomil, con base a disponibilidad del mismo.

Figura 6. Porcentaje de esporas normales (> 3X el tamaño de la espora) a 5 ppm de Benomyl, para las zonas de Urabá (U) y Magdalena (M)



SISTEMA DE EVALUACIÓN DE SIGATOKA NEGRA EN PRODUCCIÓN DE BANANO ORGÁNICO

Colombia cuenta con 223 has certificadas como sistema de producción de banano orgánico de exportación, ubicadas en la zona bananera del Magdalena, perteneciente al grupo comercializador Daabón S.A. En éste sistema se lleva a cabo un novedoso método de evaluación de Sigatoka Negra, con muy buenos resultados para determinar adecuadamente el programa de control de la enfermedad; el sistema ha sido diseñado por el Ing. Manuel Herrera S. y se basa en la determinación del grado de infección de acuerdo al número de pizcas observadas visualmente, siendo baja si hay entre 0-10 pizcas/hoja, media con 11-30 pizcas/hoja o alta con 31-50 pizcas/hoja; se califica además la longitud en mm de las pizcas, en un rango de < 3mm a >5mm. Se considera que cuando las pizcas están entre 4 y 5 mm de longitud, el control con la fumigación química u orgánica es muy eficiente. Con este sistema se puede verificar el control de la Sigatoka Negra, siendo negativo cuando las pizcas siguen creciendo y es positivo cuando frenan su crecimiento. El fungicida se selecciona de acuerdo a la longitud de las pizcas, el sistema sólo permite infecciones en grado 1 según la escala de Stover modificada por Gauhl, ya que los demás grados de escala son considerados fuente de inóculo y son eliminados mediante las prácticas de deshoje, deslamine, despunte y cirugía. Se utiliza una escala de infección que consta de 3 grados, grado 1: menos de 10 manchas visibles/hoja para lo cual se practica la labor de cirugía, grado 2: menos de 5% de área foliar necrosada/hoja, donde se realiza despunte y cirugía, grado 3: entre 6-15 % de área foliar necrosada/hoja, realizando deshoje sanitario y despunte. La evaluación se hace en plantas paridas (recién emergida la inflorescencia), cortando solamente los limbos de las hojas, dejando la nervadura central, pecíolo y vaina, ya que se considera que éstas últimas contienen elementos menores, potasio, calcio y azufre.

El sistema evalúa además de longitud de pizcas y grado de infección, la variable hojas sanas, consideradas como aquellas hojas que presentan pizcas controladas (con longitud entre 4-5 mm), la hoja sana es la que antecede a la hoja más joven manchada en la planta. El sistema fundamenta el control de la Sigatoka Negra en rigurosas prácticas de reducción de inóculo, buena fertilización orgánica y la aplicación del fungicida biológico Biofun®.

INVESTIGACIÓN

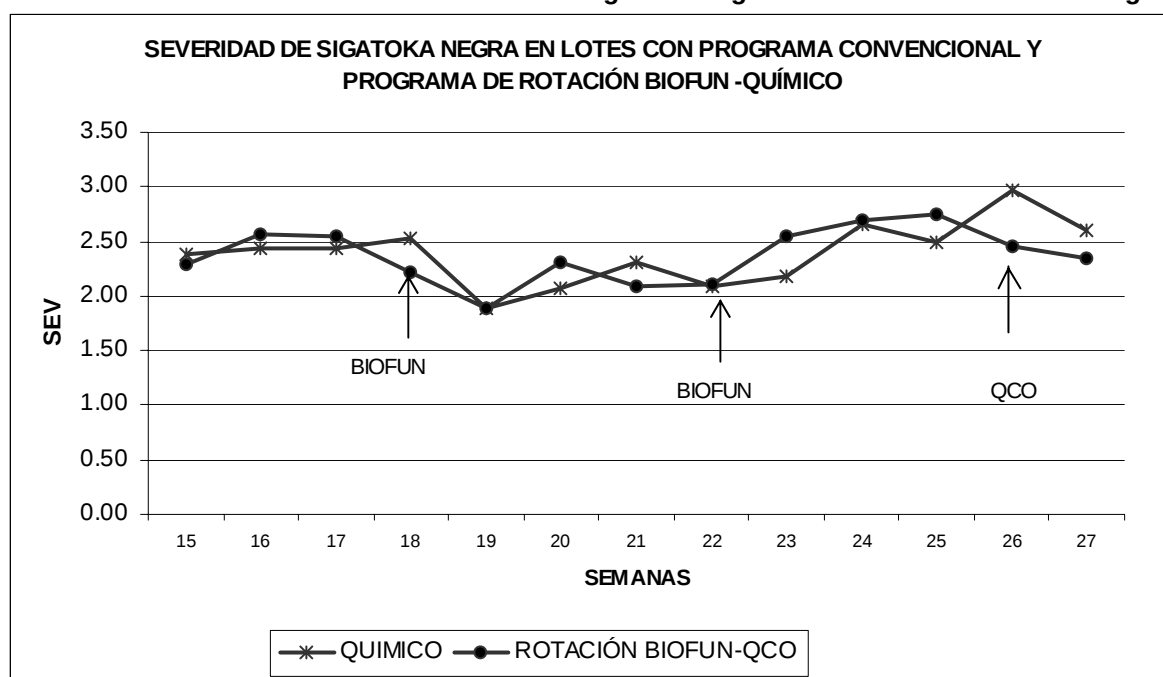
Con el fin de encontrar alternativas de control de Sigatoka Negra que permitan oxigenar el limitado control químico y propender por una reducción en los costos de producción y la obtención de una fruta más sana, se vienen realizando algunas investigaciones como:

1. Evaluación de los inductores de resistencia a enfermedades Acibenzolar-s-metil y Ácido Salicílico para el control de la Sigatoka Negra en banano. A nivel de invernadero se ha encontrado efecto similar entre estos dos inductores; logrando reducciones de la severidad de la enfermedad del 50% con un programa de mayor frecuencia de aplicación de los inductores y del 35% en condiciones de campo, pero en épocas de baja a moderada presión de enfermedad; no se ha encontrado ganancia en control con respecto al tratamiento convencional con fungicidas en épocas de alta presión de enfermedad.
2. Efecto de bacterias quitinolíticas sobre el desarrollo de la Sigatoka Negra. Aislamientos de bacterias procedentes de suelo, aguas de pozo y filosfera de banano en Urabá, lograron causar inhibiciones del 42% en ascosporas de *M. fijiensis* y alteración de la germinación hasta un 86% en condiciones de bioensayo que incluía hoja de banano, bacteria quitinolítica y ascosporas de *M. fijiensis*. En condiciones de inoculación natural, las bacterias aplicadas en forma sola no ofrecieron reducciones significativas de severidad, sin embargo, al ser aplicadas en un sistema de rotación con fungicidas convencionales se observó un control similar al testigo comercial. Se requiere gran investigación en la formulación de estas bacterias para aumentar la estabilidad y durabilidad de su efecto sobre *M. fijiensis* en condiciones de campo.
3. Caracterización química y microbiológica de la filosfera de banano y su aplicación en el control de Sigatoka Negra. Se han encontrado niveles de Carbohidratos totales y proteínas muy bajos en la filosfera de banano (0.01 – 0.08 % y 0.00 – 0.05%) respectivamente. Los contenidos de minerales como K, Ca, Mg, Na, P, NH₄, NO₃ son también muy bajos, lo que indica un pobre ambiente en la filosfera para el establecimiento de microflora antagonista. No obstante, se encuentran poblaciones bajas de bacterias quitinolíticas y glucanolíticas en la filosfera del orden de menos de 5 UFC/ml. Se ha encontrado que un sustrato a base de quitina coloidal, harina de cebada (fuente de glucano) y úrea, estimula significativamente la población nativa de bacterias con potencial antagonista sobre las esporas de *M. fijiensis*. Al igual que en el estudio anterior es prioritario ajustar este sustrato a una formulación que asegure el efecto de control bajo condiciones de campo.
4. Evaluación de poda temprana para la reducción de inóculo de Sigatoka Negra. Se encuentra en evaluación tres sistemas de reducción de inóculo de Sigatoka Negra, practicando las labores de cirugía

(remoción de tejido necrosado, entendiéndose como aquel que presenta los estadios desde 4-6 según la escala de Fouré (1985), (citado por Marín *et al.* 2003), despunte (corte de punta necrosada incluyendo vena seca), deslaminado (corte de semilimbo necrosado sin incluir la vena) y deshoje (corte total de hoja agobiada o necrosada), estas labores se realizan con una frecuencia semanal y quincenal, de acuerdo al estado de la enfermedad. La metodología de poda temprana establecida por el Dr. Víctor Merchán, (*comunicación personal*) se realiza mediante la eliminación semanal de la punta de una de las primeras 5 hojas, en un 16% de su longitud, (aproximadamente 20 cm), sólo en época de lluvias, en combinación con las labores descritas anteriormente. El tratamiento testigo consiste en el manejo convencional de reducción de inóculo (despunte y cirugía) practicado según el productor, cada que este lo considere necesario. El estudio se encuentra sólo en los primeros 4 meses de evaluación.

5. Ensayos con el fungicida biológico Biofun. En la finca San José, de 64.72 has, situada en el sector de la Aguja en la zona bananera del Magdalena, se viene comparando en el presente año, el efecto sobre el control de la Sigatoka Negra en banano de un programa de rotación entre fungicida químico convencional con el producto biológico Biofun®, aplicando el segundo en la semana 18 y haciendo un siguiente ciclo con este mismo producto en la semana 22, esperando hasta la semana 26 la aplicación de fungicida químico convencional. La finca fue dividida al 50% para la aplicación de los dos tratamientos. La severidad de la enfermedad ha presentado un comportamiento similar entre ambos programas (Figura 7). Actualmente el programa continuará aplicando 2 ciclos de Biofun por uno de fungicida convencional, teniendo como objetivo encontrar una alternativa de control y una disminución en la exposición de las moléculas convencionales a las poblaciones *M. fijiensis*.

Figura 7. Efecto de un programa de rotación de fungicida convencional con el producto biológico Biofun sobre el desarrollo de la severidad de Sigatoka Negra en la zona bananera del Magdalena



POTENCIAL DE COLOMBIA PARA EL CONTROL DE LA SIGATOKA NEGRA

La zona de Urabá, comprende ventajas comparativas con otras regiones productoras de banano en Latino América y el Caribe, teniendo en cuenta las siguientes situaciones:

1. Presencia de un período seco definido, que podría aprovecharse para reducir la cantidad de inóculo y entrar así con menor presión de enfermedad al período lluvioso.
2. Manejar un número relativamente razonable de ciclos de fungicidas por año y por lo tanto menores costos de control.
3. Niveles buenos o aceptables de sensibilidad a fungicidas, lo que permite tener un racional número de ciclos por año y tener buena eficacia de los productos en campo.
4. Concentración del área productiva en una misma zona (eje bananero), lo que facilita la logística de las aplicaciones aéreas, pudiéndose reducir significativamente los costos de operación.

5. Manejo de la Sigatoka Negra por parte de sólo dos compañías nacionales encargadas de cerca del 95% del área total en producción, lo que facilita la unificación de los programas de control, pudiendo contribuir a prolongar la vida útil de las moléculas y ajustar el control químico de la Sigatoka Negra a las exigencias de la normatividad ambiental.
6. En la zona del Magdalena a pesar de contar con un período de sequía más prolongado que en la zona de Urabá, la aplicación de riego durante este período hace que haya alta humedad todo el tiempo en las plantaciones, dificultando el control de la Sigatoka Negra. Actualmente se están haciendo esfuerzos por establecer una fumigación aérea en bloques para la unificación de criterios y la optimización de las operaciones de control.

BIBLIOGRAFÍA

Bornacelly H., Bolaño J. 2003. Efecto de diferentes labores de manejo sobre el desarrollo de la Sigatoka Negra del banano en el distrito de Sevilla, zona bananera del Magdalena. Tesis Universidad del Magdalena. 311 p.

Consuegra G., Lorenzo I. 2004. Comportamiento de la Sigatoka Negra en seis genotipos de Musáceas en el distrito de Sevilla, zona bananera del Magdalena. Tesis Universidad del Magdalena. 400 p.

Cronshaw, K; Lorenz, G; and Mappes, D. 1994. Monitoring results of *Mycosphaerella fijiensis* to tridemorph. Ed. S. Heaney, S; Salawson, D; Hollomon, DW; Smith, M; and Parry, DW.pags: 315-322.

FRAC 2004: <http://www.frac.info/frac.html>

Mayorga, s.f. Pronóstico Vegetal y estudios epidemiológicos de la Sigatoka Negra en Urabá-Colombia (mecanografiado).

Mayorga, PM.1985. Informe Anual de Actividades. Programa Fitopatología ICA, Regional Cuatro, Tulenapa (mecanografiado).

Mayorga, M.1994. Control de Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en zonas bananeras colombianas. Fitopatología Colombiana. 18 (1): 1 – 8.

Marín, D; Romero, R; Guzmán, M; Sutton, T. 2003. Black Sigatoka an increasing threat to banana cultivation. Plant Disease. 87(3): 208-222.

Ospina, 2004. Colombia y Filipinas en el mercado mundial de banano. Revista Augura. Año 21. Edición 1, 2004.p. 45-50.

Sierra, LE. 1993. El cultivo del banano: Producción y comercio. 1 ed. Pereira-Colombia: Gráficas Olímpica. 680p.

IMPACT AND MANAGEMENT OF BLACK SIGATOKA IN BRAZIL

Zilton José Maciel Cordeiro¹¹; Aristoteles Pires De Matos¹; Sebastião De Oliveira E Silva¹; Luadir Gasparotto²; Maria De Jesus Barbosa Cavalcante³

ABSTRACT

The black Sigatoka disease of the banana crop, caused by *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, anamorph *Paracercospora fijiensis* (Morelet) Deighton, was first reported in Brazil in 1998, in the State of Amazonas. Currently that disease is widespread all over the North Region of Brazil (except in the State of Tocantins), as well as in the states of Mato Grosso (Center West Region) and São Paulo (South East Region). The presence of black Sigatoka in Brazil resulted in serious problems to the commercialization of fruit and plants of the *Musaceae* botanical family, due to restrictions to movement of those products from affected regions to areas still free of the pathogen, aiming at preventing its spread. In areas where the disease is already present yield losses may be as high as 100%. Such a situation requested the replacement of the banana varieties under cultivation by black Sigatoka resistant varieties. On this regard, the State of Amazonas played a very important role replacing the susceptible cultivars for Caipira, Thap Maeo, FHIA-18 e Pacovan Ken, all of them resistant to the pathogen. Data on spore survival under several conditions, epidemiological studies, chemical and cultural control strategies of the disease, and genetic resistance, were also generated by researchers. All this knowledge made possible to recommend six black Sigatoka resistant varieties. The recent detection of black Sigatoka in banana growing areas of the State of São Paulo will probably determine a new phase on its banana industry, since it is the State number one on banana production and consumption, as well as the main importer from other banana growing areas of Brazil.

RESUMEN

La Sigatoka-negra, enfermedad de las bananas, causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet/*Paracercospora fijiensis* (Morelet) Deighton, ha sido detectada en Brasil, en 1998 en la provincia de Amazonia. Hoy, la enfermedad, se encuentra presente en todas las provincias de la región Nordeste (a excepción del Tocantins), en el Mato Grosso y en la provincia de São Paulo. La presencia de esta enfermedad en el territorio Brasileño tiene provocado cambios en la comercialización de la fruta. Entre estos cambios, están la prohibición de transferencia del producto para provincias que no han sido afectados por la enfermedad y la reglamentación en el transito de frutos e plantas de la familia de las musaceas, con el objetivo de no diseminar el patógeno. Donde está presente la enfermedad, las pérdidas de productividad llegan hasta el 100%. Esta situación ha igualmente causado cambios en las variedades cultivadas, donde, la provincia do de Amazonas tiene actuado de manera más efectiva, de manera que los nuevos campos de siembra son en su mayoría de las variedades Caipira, Thap Maeo, Fhia 18 y Pacovan Ken, todas resistentes a la Sigatoka negra. En la investigación también se han desarrollado estudios, generando informaciones a cerca de la supervivencia de las esporas del hongo en diversas superficies, de la epidemiología y control químico de la enfermedad, el manejo técnico y principalmente sobre variedades resistentes, llegando a la recomendación de seis variedades resistentes a dicha enfermedad. La presencia de la enfermedad en São Paulo, debe determinar una nueva etapa, donde será necesario convivir de manera racional con la enfermedad, visto que es una provincia de gran importancia, tanto como productor y, consumidor, así como es un gran importador de esta fruta de distintas provincias de la Federación.

INTRODUCTION

The banana is a crop grown all over Brazil. The States of São Paulo, Bahia, Pará, Santa Catarina, Minas Gerais, Pernambuco and Ceará are the most important banana producers in that country (IBGE, 2004). In 2002 those States were responsible for 62% of the banana harvested area and for 71% of total production. Besides showing the highest banana production area in Brazil, the State of São Paulo also shows the highest yield. Being cultivated all over Brazil, the banana crop is responsible for the generation of jobs and income for thousands of brazilian people, thus playing an important role on keeping the banana growers activities. Another characteristics of the banana crop is its ability to be harvested all over the year assuring food and income for those who are engaged on its production. In Brazil there are about 600,000 rural properties devoted to the

¹Embrapa Cassava & Fruits, Caixa Postal 007, CEP 44380-000 – Cruz das Almas, Bahia, Brasil, zilton@cnpmf.embrapa.br

²Embrapa Western Amazon, Rodovia AM-010, Km 25 Estrada Manaus/Itacoatira, CEP 69011-970 – Manaus, Amazonas, Brasil

³Embrapa Acre, Rodovia BR 364, Km 14, CEP 69901-180 – Rio Branco, Acre, Brasil

banana production, 60% of them with an area corresponding to 2 to 50 hectares (IBGE, 2004a). Considering the current banana growing area in Brazil, that is about 520,000 ha and the estimated number of orchards (600.000), it is possible to assume that the average banana growing area per grower in that country is less than one hectare. Although these are estimated data, they do show the importance of the small grower on the Brazilian banana production.

Among the several diseases that affect the banana crop all over the world, the black Sigatoka is considered the most important, being highly aggressive on susceptible varieties, specially under conducive environmental conditions, such as the combination of high relative humidity with and favorable temperature. Under such conditions, yield losses of susceptible cultivars can be as high as 100%. Black Sigatoka was first reported on bananas in the Fiji Island, in 1963, under the denomination of black leaf streak. In 1972 this disease was reported in Honduras being named black Sigatoka. This disease was first detected in Brazil in 1998 (Cordeiro et al., 1998) following its spread throughout the Latin America.

The objective of this study is to describe the impacts resulting from the incidence of black Sigatoka in Brazil, to report its spread in the country, and the actions developed towards its control.

MATERIAL AND METHODS

Since the first detection of black Sigatoka in Brazil, works related to control strategies have been performed for several research institutes at both nation and state levels. Regulatory actions include legal measures performed by the Secretariat of Sanitary Defense, Brazilian Ministry of Agriculture, and Sanitary Defense Agencies of each state, aiming at ruling the commercialization of fruits from affected areas and the movement of planting material as well. Other actions include training of human resources, diffusion of information related to the disease and implementation of several research activities in order to give technical support to the legal restriction measures.

RESULTS AND DISCUSSION

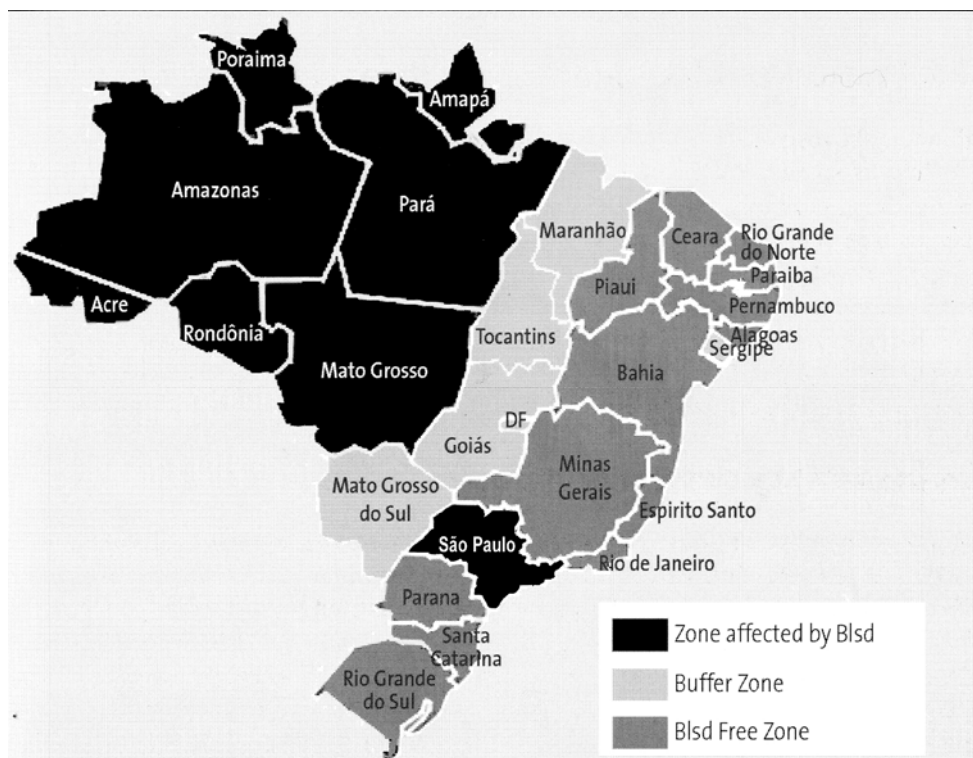
Spread of black Sigatoka in Brazil

As mentioned elsewhere, the black Sigatoka disease was first detected in Brazil in 1998 in the Municipalities of Tabatinga and Benjamim Constant, State of Amazonas, Brazilian border with Colombia and Peru (Pereira et al., 1998; Cordeiro et al., 1998). It is thought that the source of inoculum was transported through the Solimões river, the main way of transport in that region, making also possible its dissemination very rapidly during the year 1998, reaching banana growing areas close to Manaus, the capital of the State of Amazonas, located about 1,500 km away from the place where the disease was first detected. By the end of 1998, the disease was found in the State of Acre, probably coming from Bolivia. In 1999, black Sigatoka was detected in the States of Rondônia and Mato Grosso. Following its spread in the North Region of Brazil the disease reached the States of Pará, Roraima and Amapá, where it was detected in the year 2000. The fast movement of black Sigatoka from the North Region to the Center West Region of Brazil (State of Mato Grosso) suggested that in short period of time that disease would probably affect all the other banana growing states but that did not happen. In the State of Mato Grosso it was possible to establish pathogen free areas based on diagnostic surveys and disease monitoring. The apparent control on the dissemination of the black Sigatoka was probably due to both the implementation of legal actions by the sanitary defense agencies not allowing the transportation of banana fruits from affected areas to disease free regions, and the occurrence of natural barriers such as long dryness periods unfavorable to the disease development, the geographic isolation of the banana orchards, and the prevalence of extensive areas planted with soybeans, corn and cotton in regions affected by the disease. Despite that period of apparent control of the pathogen dissemination, in July 2004 black Sigatoka was detected in the main banana growing region of São Paulo, the State number one in banana production in Brazil. The occurrence of that disease in São Paulo, open up perspectives to expect a more rapid dissemination of the pathogen, due to the intense traffic from and to that state, and the prevalence of a more intensive banana industry, thus constituting a very important concern to sanitary officials, specialists and banana growers from regions still free of that disease.

Figure 1 shows the current situation of black Sigatoka in Brazil: the black area corresponds to the states already affected by the disease. The states in light gray color are considered as a "buffer zone" established by the Secretariat of Sanitary Defense, Brazilian Ministry of Agriculture, where priority actions have been implemented

in order to retard, as much as possible, the dissemination of black Sigatoka in Brazil. The banana growing states still free of that disease are represented by the dark gray color.

Figure 1. Brazilian map showing the states affected by the black Sigatoka disease (black), the proposed buffer zone (light gray) the disease free states (dark gray). Cruz das Almas, Bahia, Brazil, 2004



ACTIONS TO CONTROL BLACK SIGATOKA IN BRAZIL

Quarantine restriction measures

Black Sigatoka is a disease under quarantine restrictions in Brazil, where it is classified as an A2 disease, what means that it continues under control of the Secretariat of Sanitary Defense, Brazilian Ministry of Agriculture. Additionally, the sanitary defense agencies of each state also implement control actions in the border, and inside the state as well, aiming at preventing the disease introduction. There are official regulatory rules to be applied national wide, but each state can establish their own criteria that give support to specific actions without overcoming the official national regulations. The sanitary defense agencies of each state have been acting on public information of the problem and, specially on inspection of the commercialization of banana fruits and movement of *Musaceae* plant parts. Since black Sigatoka is a disease under quarantine regulation, its detection in a given state will prohibit fruit export to states still free of the disease, in attention to official regulations. At present Brazilian states that are still free of black Sigatoka are requesting a "permit for transportation of banana plant material" in order to allow the entrance of banana fruits and planting material; other restriction measures are: boxes made of wood, used for transportation of banana fruits, are not allowed to be brought back to states where black Sigatoka has not been detected yet; and it is not permitted the transportation of banana leaves in vehicles loaded with any kind of goods.

Generation of knowledge and information about the pathogen

Restriction measures put in place when a disease under quarantine restrictions, such as black Sigatoka, is introduced in a given area usually result in non satisfaction by the growers due to the generation of economics and social problems. Banana growers, professionals of the banana retail market, and extension workers believe that being black Sigatoka a leaf disease it is not reasonable to prohibit banana fruit movement from affected area to regions still free of that disease. Such a situation gave rise to lots of pressure from most of the sectors related to the banana industry, and specially from the politicians. In fact, there were no scientific results to support those restriction measures. To overcome that situation, researches were planned to study *M. fijiensis* conidial survivability on the surface of several materials/tissues such as wood, plastic, cotton, pasteboard, tire,

iron, banana leaves and fruits (Hanada et al., 2002), all of them thought to be able to transport and to disseminate *M. fijiensis* conidia to long distance. Results showed that the conidia of *M. fijiensis* remained viable up to 60 days on the surface of banana leaves and cotton tissue; up to 30 days on the surface of pasteboard, wood, plastic and tire; up to 18 days on the surface of banana fruits; and up to 10 days on iron. The studies were conducted under three environments: 1 – under controlled conditions with temperature varying from 17.8°C to 20.1°C, and relative humidity from 40% to 50%; 2 – under laboratory conditions, temperature varying from 23.6°C to 29.8°C, and relative humidity from 55% to 75%; and 3 – packinghouse conditions, where the temperature varied from 22.2°C to 30.9°C, and the relative humidity from 60% to 92%. Results obtained were similar in all three environmental conditions evaluated.

Studies related to “in vitro” culture of *M. fijiensis* under laboratory conditions showed that potato-dextrose-agar (PDA) and V8CaCO₃-agar were the culture media that enabled better sporulation of the pathogen after 15 days of incubation, being 10 days under dark followed by 5 days under continuous light (Hanada et al., 2002a). The *M. fijiensis* conidial survivability on the surface of several tissues/materials, as mentioned elsewhere, and the observation that banana fruits of the cultivar Prata Anã from growing areas heavily affected by black Sigatoka may transport up to 11,000 spores of the pathogen on its surface (Hanada et al., 2004), showed the necessity to evaluate chemical compounds in order to select those able to eradicate the spores present on several surfaces. On this regard, Hanada et al. (2004) observed that compounds such as quaternary ammonium, benomyl, ecolife-40 and thiyabendazole at 100mg/L completely inhibited spore germination. Similar results were observed when those compounds were used at 100mg/L or 200 mg/L either as immersion treatment or sprayed on banana fruits harvested in orchard affected by black Sigatoka.

RECOMMENDATION OF RESISTANT VARIETIES

In the past 5 years the banana breeding program of *Embrapa Cassava & Fruits* have recommended, either in cooperation with other research institutes or by itself, several new banana cultivars, that show resistance to the main phytosanitary constraints as described below:

‘Caipira’, known all over the world as ‘Yangambi km 5’, is a dessert variety of banana, belonging to the AAA genomic group, that shows medium to tall plant height, and small and very sweet fruits. ‘Caipira’ was selected based on evaluations performed in several banana growing areas in Brazil where it showed very strong vegetative vigor, resistance to black Sigatoka, to yellow Sigatoka and to Fusarium wilt (Panama disease), showing also resistance to the rhizome weevil as expressed by low infestation levels of that pest.

‘Thap Maeo’, Introduced from Thailand, is a variety that belong to the AAB genomic group and very similar to the Mysore cultivar, differing from it because ‘Thap Maeo’ does not show infection by the viruses common in ‘Mysore’. ‘Thap Maeo’ shows medium to tall height, small fruits, resistance to yellow and black Sigatoka and to Fusarium wilt; it also shows low infestation level by the rhizome weevil and nematodes. A very important characteristic of this cultivar is its rusticity expressed on low fertility soils where its average yield is around 25 ton/ha/year. Grown on soil with appropriated fertility the Thap Maeo’s average yield may be as high as 35 ton/ha/year.

The variety FHIA-18 is a hybrid obtained from crossings involving the cultivar Prata Anã (AAB). FHIA-18 shows medium height, fruits very similar to those of ‘Prata Anã’, but with a sweeter taste. It was introduced from the Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, evaluated in several banana growing areas and selected because of its desirable characteristics. FHIA-18 is a tetraploid hybrid that belongs to the AAAB genomic group having as the main important characteristic its resistance to black Sigatoka, the most serious banana disease.

Pacovan Ken (PV42-68) is a tetraploid hybrid, AAAB genomic group, that shows tall plant height. This banana hybrid was obtained at the *Embrapa Cassava & Fruits*, Cruz das Almas, Bahia, Brazil from crossings between the cultivar Pacovan (AAB) and the diploid hybrid (AA) M53. ‘Pacovan Ken’ shows number and size of fruits, as well as yield higher than those of ‘Pacovan’, its female parental. Additionally, the fruits of this new cultivar are sweeter than those of ‘Pacovan’ and show resistance to finger detachment similar to that cultivar. Besides being resistant to black Sigatoka, ‘Pacovan Ken’, also express resistance to yellow Sigatoka and to Fusarium wilt.

‘Preciosa’ (PV42-85), similar to ‘Pacovan Ken’, is a tetraploid hybrid, AAAB genomic group, that shows tall plant height. This banana hybrid was obtained at *Embrapa Cassava & Fruits*, Cruz das Almas, Bahia, Brazil from crossings between the cultivar Pacovan (AAB) and the diploid hybrid (AA) M53. This new cultivar is rustic, tall, with fruits larger and sweeter than those of ‘Pacovan’, and showing resistance to finger detachment similar to its female parental. Besides expressing resistance to black Sigatoka, ‘Preciosa’ also shows resistance to yellow

Sigatoka and to Fusarium wilt. This variety was initially recommended to be planted in the State of Acre where black Sigatoka is the most serious banana phytosanitary constraint.

Maravilha (FHIA-01) is a tetraploid hybrid, AAAB genomic group, generated from the crossing 'Prata Anã' (AAB) x SH 3142 (AA). This variety was introduced from the Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, evaluated in several banana growing areas in Brazil and selected to be planted in the Rio Branco banana growing region, State of Acre. 'Maravilha' shows medium height, fruits and yield larger than those of 'Prata Anã', pulp with a little acid taste, and expresses resistance to black Sigatoka and to Fusarium wilt.

DISEASE MANAGEMENT; CULTURAL CONTROL

In order to enable the banana cultivation in black Sigatoka affected regions in Brazil, the first step adopted was to replace the susceptible cultivars for resistant ones. The occurrence of that disease in areas, such as the Amazon Region, where the banana crop, despite having a high social significance, has little economic importance, made possible the implementation of that strategy. On this regard, states located in the North Region of Brazil, such as the Amazonas, played a very important role in the technology transfer and adoption of banana cultivars resistant to black Sigatoka, specially during the years following the detection of that disease in Brazil. Up to year 2002, a total of 2,384,053 banana tissue culture plantlets were commercialized in areas affected by black Sigatoka, with Caipira, Thap Meo and FHIA 18 constituting the most commercialized varieties (Cordeiro & Matos, 2003). In general, the propagate planting material was bought by official state agencies and provided to the banana growers. At present, fruits of those varieties are a commonly found in local markets of the North Region. It is also very common the participation of banana growers in the news, talking about their positive experiences on the cultivation of black Sigatoka resistant banana varieties.

Besides growing resistant varieties, research has also been conducted aiming at studying black Sigatoka management in orchard planted with susceptible varieties. Plant densities varying from 1,111 to 2,500 plants/ha of the plantain variety D' Angola (AAB), were evaluated in experimental plots exposed to the sun light in comparison with plots, 1,111 plants/ha, planted under shade conditions. It was observed that the plots planted with the density of 2,500 plants/ha, showed positive and significant differences regarding to the number of functional leaves at flowering and at harvest, and significantly lower disease severity. There was no significant difference relative to bunch weight but due to the higher plant density, there was significant increase in the yield. The plots cultivated under shade conditions showed significantly lower disease severity, larger number of functional leaves at flowering and at harvest, and bigger bunch weight in comparison with the other treatments (Cavalcante, et al., 2004). These results create an expectation that the shaded banana cultivation system, due to its environmentally sustainable characteristics, will probably evolve towards the agroforestry system, a new production system currently under use in the Amazon Region.

Trials were also set to evaluate the effect of fungicides on the control of black Sigatoka in the State of Amazonas, in order to generate information possible to be incorporated to banana production systems that use higher levels of technology. Thus, Gasparotto et al. (2003), evaluated several fungicides and concluded that mancozeb, 1,500g/ha; trifloxistrobin, 75g/ha; tebuconazole, 100mL/ha; propiconazole, 100mL/ha; difenoconazole, 100mL/ha; imibenconazole, 150g/ha; thiophanate-methyl, 350mL/ha; bitertanol, 125g/ha and ecolife, 1L/ha, were effective against the pathogen. Under the tropical humid climate, characteristics of the Amazon Region, the number of sprays to control black Sigatoka was 26 when using systemic fungicides and 52 for contact fungicides. As an alternative control measure it was evaluated the effect of fungicide application at the junction area of the leaf number two with the pseudostem of the banana plant (Gasparotto et al. 2003a). That work enabled the conclusion that flutriafol applications, 2 mL commercial product per plant (0,375 g a.i./plant), at 60 days interval, is efficient to control black Sigatoka. This control technique, although showing some difficulty to be performed, has the advantage to promote more efficient control of the disease, requires a smaller number of fungicide application, can be adopted by small growers, and reduces environmental contamination since the compound is applied directly to the banana plant, there is no derive, do not require the mixing with either water or spray oil, and strongly reduces risk of human contamination. In Brazil that technique may be of great interest of banana growers of regions where the banana crop is cultivated under irrigated conditions because there are legal restrictions that must be observed in order to put in place aerial spray to control black Sigatoka in those areas.

IMPACTS DUE TO BLACK SIGATOKA INCIDENCE

The detection of black Sigatoka in the State of Amazonas in 1998, caused a very strong concern to the sanitary defense agencies. Initial actions constitute the search for information about the disease and the pathogen itself, followed by the implementation of several training activities and inspections, in order to understand the rapid

dissemination of the disease all over the North Region of Brazil (except in the State of Tocantins), reaching the State of Mato Grosso, located in the Center West Region. Legal actions prohibiting the movement of fruits from affected areas to the disease free States resulted in disagreements, discussion and lots of pressure from politicians. An example of such a situation is the fact that part of the State of Mato Grosso was recognized as black Sigatoka free area.

The higher impact, that may be considered a positive one, happened in the State of Amazonas, where black Sigatoka susceptible varieties have been progressively replaced by resistant ones as mentioned elsewhere in this paper. Yield losses about 100% of the Pome type varieties and about 70% of the Terra type of plantain due to the incidence of black Sigatoka gave support to that change. Other positive aspect that supported that change was the fact that *Embrapa* recommended resistant varieties immediately after the disease was first detected in that region. That action caused a strong positive impact to the banana growers and the society in general.

In the past five years, black Sigatoka seemed to have its movement paralyzed in the State of Mato Grosso. Such observation, some how, promoted a kind of slowing down in putting in place restriction measures regarding to that problem. The recent detection of black Sigatoka in the State of São Paulo, in, June, 2004, brought back the importance of that disease to the Brazilian banana industry, since São Paulo is the most important banana growing state in Brazil, devoted specially to the Cavendish subgroup. The prevalence of Cavendish type of banana in São Paulo will probably lead to problems related to the replacement of the susceptible varieties since black Sigatoka resistant varieties belonging to the Cavendish subgroup are not available. The socioeconomic impact of the presence of black Sigatoka in the State of São Paulo has not been completely established but, since the state is prohibited to send banana fruits to other Brazilian states still free of that disease, there is a strong uncertainty among the growers who have in the banana crop their main economic activity. It is important to mention that the black Sigatoka affected area in the State of São Paulo is located in the "Vale do Ribeira" where there are around 40,000 ha planted with bananas. The fact of the "Vale do Ribeira" to be a region under environmental preservation, constitutes a point to be considered since there are regulations for the implementation of chemical control.

Additionally, there is strong concern of the other banana growing states located in the vicinities of São Paulo because the risk of having their banana orchards infected by *M. fijiensis* increased significantly.

BIBLIOGRAPHY

CAVALCANTE, M. de J. B.; LEDO, A. da S.; GONDIM, T. M. de S.; COSTA, F. H. S.; FERREIRA, J. B.; AZEVEDO, de F. F.; CORDEIRO, Z. J. M. e MATOS A. P. de. 2004. Evaluation de cv. Angola under different management systems. IN: 1st International Congress on Musa Harnessing research to improve livelihoods, 6-9 July, Penang, Malaysia, p. 164-165. (Abstract Guide).

CORDEIRO, Z. J. M.; MATOS, A. P. de; SILVA S. de O. e. 1998. Black Sigatoka confirmed in Brazil. Infomusa, Montpellier, França, v. 7, n. 1, p. 31.

CORDEIRO, Z. J. M.; MATOS, A. P. de. 2003. Impact of *Mycosphaerella* spp. in Brazil. IN: JACOME, L.; LEPROIVRE, P.; MARIN, D.; ORTIZ, R.; ROMERO, R. and ESCALANT, J. V. (editors), *Mycosphaerella* leaf spot diseases of bananas: present status and outlook. Proceedings of the 2nd International Workshop on *Mycosphaerella* leaf spot diseases, San José, Costa Rica, 20-23 may 2002. P. 91-97.

GASPAROTTO, L.; SANTOS, A. J. T.; PEREIRA, J. C. R.; PEREIRA, M. C. N. 2003. Sigatoka-negra: situação atual e avanços obtidos. IN: MATOS, A. P. de & MEISSNER FILHO, P. E. Anais do V Simpósio Brasileiro sobre Bananicultura e I Workshop do genoma Musa, Paracatu. P. 28 – 34.

GASPAROTTO, L.; SANTOS, A. J. T.; PEREIRA, J. C. R.; PEREIRA, M. C. N. 2003a. Flutriafol no controle da Sigatoka negra da bananeira. Fitopatologia Brasileira, v. 28 (suplemento), p. s312.

HANADA, R. E.; GASPAROTTO, L. e PEREIRA J. C. R. 2002. Sobrevivência de conídios de *Mycosphaerella fijiensis* em diferentes materiais. Fitopatologia Brasileira, v. 27, p. 408-411.

HANADA, R. E.; GASPAROTTO, L. e PEREIRA J. C. R. 2002a. Esporulação de *Mycosphaerella fijiensis* em diferentes meios de cultura. Fitopatologia Brasileira, v. 27, p. 170 - 173.

HANADA, R. E.; GASPAROTTO, L. e PEREIRA J. C. R. 2004. Eficiência de desinfestantes na erradicação de conídios de *Mycosphaerella fijiensis* aderidos à superfície de bananas. Fitopatologia Brasileira, v. 29, p. 094 – 096.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, *Produção Agrícola Municipal*. Disponível em :<<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 19 mar. 2004.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 1996. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/cgi-bin/prtabl>>. Acesso em: 19 mar. 2004a.

PEREIRA, J. C. R.; GASPAROTTO, L.; COELHO, A. F. S.; URBEN, A. 1998. Ocorrência da Sigatoka-negra no Brasil. Fitopatologia Brasileira, v. 23, p. 295. (abstract).

LA SIGATOKA NEGRA EN BANANOS Y PLATANOS: EL CASO DE MEXICO

Mario Orozco-Santos y José Orozco-Romero¹.

IMPORTANCIA DEL CULTIVO EN MÉXICO

En México se cultivan 77,301 hectáreas de bananos y plátanos que producen más de 2.2 millones de toneladas de fruta, de las cuales el 95% se destina al consumo nacional (SAGARPA, 2003). Las áreas productoras se localizan en las regiones tropicales de la costa del Golfo de México y Océano Pacífico. Los principales estados productores son Chiapas, Veracruz, Tabasco, Nayarit, Colima, Michoacán, Oaxaca, Jalisco y Guerrero, los cuales se agrupan en tres regiones productoras: Región del Golfo de México que ocupa el 43% de la superficie nacional cultivada, Región del Pacífico Centro con el 24% y Región del Pacífico Sur con un 30%. Los grupos taxonómicos más importantes que se cultivan en México son: AAA (Enano Gigante y Valery, Subgrupo Cavendish), AAB (Macho y Dominico, Subgrupo Plantain), AAB (Manzano), ABB (Pera o Cuadrado) y AA (Dátil) (Orozco-Romero *et al.*, 1998).

CARACTERÍSTICAS DE LAS REGIONES PRODUCTORAS DE MUSÁCEAS EN MÉXICO

Golfo de México. Esta región presenta características de clima cálido húmedo con una precipitación pluvial anual de 1,700 a 3,900 mm y comprende los estados de Tabasco, Veracruz y Oaxaca. El estado más lluvioso es Tabasco (2,300 a 3,900 mm) con precipitaciones durante casi todo el año, 0 a 2 meses secos (menos de 60 mm de lluvia mensual), temperatura media anual de 26-27 °C y una altitud entre 50 y 55 metros sobre el nivel del mar (msnm). La zona de producción más importante que produce fruta para el mercado de exportación es Teapa. El área bananera más importante de Veracruz se localiza en San Rafael y Nautla, en la cual se presenta una precipitación anual de 1,743 mm, temperatura media de 24-25 °C y altitud de 20 a 80 msnm. Cerca de los límites con Veracruz se encuentra la zona de Tuxtepec en el estado de Oaxaca, la cual produce principalmente plátano Macho y Banano Enano Gigante (Orozco-Santos, 1998).

Pacífico Centro. La región comprende los estados de Colima, Michoacán, Jalisco y Nayarit y posee clima cálido seco con una precipitación de 700 a 1,100 mm anuales distribuidos en los meses de Junio a Octubre y el resto del año (7 a 8 meses) es seco. La temperatura media es de 26-28 °C y con una altitud de 10 a 60 msnm en todos los estados productores (Colima, Jalisco y Michoacán), con excepción del estado de Nayarit, en donde se cultivan plátanos desde 10 hasta 500 msnm. Alrededor del 60% de la superficie bananera de Colima, Jalisco y Michoacán se encuentra asociada con palma de coco (*Cocos nucifera* L.). Casi toda la producción de bananos es destinada al mercado nacional (Orozco-Santos, 1998).

Pacífico Sur. Esta región se ubica en el estado de Chiapas y registra un clima cálido subhúmedo con 4 a 5 meses secos, precipitación anual de 1,500 a 2,500 mm, temperatura media de 26-27 °C y una altitud de 20 a 80 msnm. La zona bananera más importante se ubica en la costa del estado de Chiapas en el área conocida como el Soconusco. La producción es destinada al mercado de exportación y nacional (Orozco-Santos, 1998).

PROBLEMAS FITOSANITARIOS DE BANANOS Y PLATANOS

Los bananos y plátanos son afectados por diversas enfermedades que afectan su rendimiento y calidad del fruto. Los problemas fitopatológicos más importantes en México son: sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), nematodo barrenador (*Radopholus similis* (Cobb) Thorne), mal de Panamá (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*), moko del plátano (*Ralstonia solanacearum*), pudrición del cormo (*Erwinia* sp.) y mancha café por Cordana (*Cordana musae* A. Zimmerm.) (Orozco-Santos, 1998). Existen otras enfermedades que representan una amenaza potencial para la producción de musáceas en México en caso de ser introducidas. Entre las más importantes se pueden mencionar: Raza 4 de *F. oxysporum* f. sp. *cubense* causante del mal de Panamá, el virus del bunchy top y virus mosaico de las brácteas. La mayoría de estas enfermedades se encuentran en Asia, África y Oceanía (Ploetz *et al.*, 1994).

La Sigatoka negra es la enfermedad más importante que afecta la producción comercial de bananos y plátanos (*Musa* spp.) en la mayoría de las regiones productoras del mundo (Fullerton, 1994; Fullerton y Stover, 1990;

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Tecomán. Apartado postal 88. Km. 35 Carretera Colima-Manzanillo. Tecomán, Colima, México 28100. E-mail: orozco.mario@inifap.gob.mx y orozco.jose@inifap.gob.mx, respectivamente.

Mourichon y Fullerton, 1990). En el Continente Americano, la Sigatoka negra se identificó por primera vez en Honduras en el año de 1972 (Stover y Dickson, 1976), de donde se diseminó a todos los países de América Central, México y parte de América del Sur (Fullerton y Stover, 1990; Stover, 1980). La enfermedad se conoce también como raya negra en Asia y África. En México se identificó por primera vez en el Sudeste del país en 1981, en los estados de Chiapas y Tabasco (Contreras, 1983).

La presencia de Sigatoka negra en México ocasionó graves pérdidas en todas las regiones productoras de Musáceas, ya que modificó el manejo de las plantaciones, principalmente los programas de aspersión de fungicidas. Esto trajo como consecuencia un incremento en los costos de producción del cultivo. Actualmente el combate de la Sigatoka negra en las plantaciones bananeras del país depende básicamente del uso de productos químicos y es apoyado por algunas prácticas de cultivo (Orozco-Santos *et al.*, 2001).

IMPORTANCIA DE SIGATOKA NEGRA

La sigatoka negra es una de las enfermedades más destructivas en el mundo. La severidad de este tipo de patógenos se magnifica en un sistema agrícola como el de las musáceas, en el cual la propagación vegetativa (reproducción asexual) (Clay y Kover, 1996) y su cultivo en grandes extensiones de tierra de un clon genéticamente uniforme lo hace altamente vulnerable a ataques epidémicos de la enfermedad. A partir de 1981, la producción comercial de bananos y plátanos en México está siendo afectada por la introducción de la enfermedad conocida como sigatoka negra, la cual sin duda es el principal problema fitosanitario de este frutal en México y en la mayoría de los países productores del mundo (Orozco-Santos, 1998).

La presencia de sigatoka negra en México ha ocasionado grandes pérdidas en las regiones productoras de musáceas, ya que ha modificado el manejo de las plantaciones, principalmente los programas de aspersión de fungicidas. Esto ha traído como consecuencia un incremento notable en los costos de producción del cultivo. Actualmente, el combate de la enfermedad en las regiones bananeras del país, depende básicamente del uso de productos químicos (fungicidas), lo cual es apoyado por algunas prácticas de cultivo. La producción comercial de bananos no es posible, si no se cuenta con un programa de manejo integrado de sigatoka negra, para lo cual se requiere tener un conocimiento general de la enfermedad por parte de técnicos y productores relacionados con la producción de este frutal (Orozco-Santos, 1998; Orozco-Santos *et al.*, 2001).

El primer reporte oficial del hongo causante de la sigatoka negra afectando plantaciones comerciales de banano y plátano en México fue de los estados de Chiapas y Tabasco en el Sudeste del país en 1981. Sin embargo, la enfermedad fue observada por primera vez en el área de Tapachula (Chiapas) a finales de 1980 (Contreras, 1983; Holguín y Ávila, 1982). Posteriormente, la sigatoka negra se diseminó hacia los estados de Veracruz y Oaxaca en 1985 (Robles *et al.*, 1988). En la región del Pacífico-Centro, la sigatoka negra se detectó por primera vez en el estado de Colima en 1989 y un año después se diseminó a los estados vecinos de Michoacán, Jalisco y Guerrero. En Noviembre de 1994, la enfermedad fue encontrada en el estado de Nayarit (Orozco-Santos *et al.*, 1996). Con este último registro, la enfermedad se encuentra en todas las áreas productoras de Musáceas en la República Mexicana (Orozco-Santos, 1998; Orozco-Santos *et al.*, 2001).

Impacto de la enfermedad y del control químico. El impacto de la sigatoka negra ha sido devastador en las regiones bananeras de México. Cuando ocurrió la primera epidemia de la enfermedad, se presentaron pérdidas en la producción de fruta que oscilaron entre un 50 a 100%, aunado a una marcada reducción en la superficie dedicada al cultivo de este frutal. A principios de la década de los 80, la presencia de sigatoka negra ocasionó la desaparición de una superficie cercana a las 2,000 ha cultivadas con banano en el estado de Tabasco, México. Por otra parte, en el estado de Colima, México, la enfermedad fue detectada en Septiembre de 1989 y después de ocho meses más de 3,000 ha habían sido derribadas por improductivas y con pérdidas estimadas en 50 mil toneladas de fruta. Para Marzo de 1991, la superficie derribada se incrementó a 5,000 ha, lo cual representó una reducción de un 50% de la superficie cultivada (Orozco-Santos y Ramírez, 1991).

La aparición de sigatoka negra en las áreas bananeras provocó cambios en el manejo de las plantaciones, especialmente en los programas de aspersión de fungicidas para su combate. En México, hasta antes de la década de los 80, la enfermedad conocida como chamusco o sigatoka amarilla (*M. musicola*) era el problema fitosanitario más importante que afectaba el follaje del cultivo. Este patógeno no requería de un estricto programa de aspersión de fungicidas. Sin embargo, con la introducción de la sigatoka negra a territorio nacional se modificaron notablemente estos programas de control, por lo que hubo necesidad de utilizar fungicidas más potentes y con intervalos de aplicación más cortos. Se estima que el combate de sigatoka negra ocupa entre un 35 a 45% del total de costos de producción del cultivo. Asimismo, hubo cambios en el manejo de las plantaciones con tendencia a una mayor tecnificación del cultivo (nutrición, densidad de

población, deshije, deshoje, control de plagas, enfermedades y malezas), lo que trajo como consecuencia un incremento en el rendimiento y calidad del fruto por unidad de superficie (Orozco-Santos, 1998; Orozco-Santos *et al.*, 2001).

En la actualidad, el combate químico es la opción más viable para el control de sigatoka negra en los clones de banano más comerciales en México. Esto ha originado que además del incremento en los costos de producción del cultivo, se estén presentando problemas de contaminación ambiental, de salud humana y de resistencia a fungicidas, debido a la gran cantidad de productos químicos y de citrolina que se depositan en los huertos de plátano.

En México, anualmente se gastan alrededor de 500 millones de pesos (43.5 millones de dólares) para el combate de sigatoka negra. En regiones productoras como Tabasco, en donde las condiciones climáticas (2,500 a 3,000 mm de precipitación anual) son favorables para el desarrollo de la enfermedad, se requieren cada año de 30 a 35 ciclos de aspersión de fungicidas sistémicos-protectantes o bien de 40 a 52 ciclos con únicamente fungicidas protectantes. En cambio, en la región del Pacífico Centro, son necesarias de 15 a 20 aplicaciones en los programas de fungicidas sistémicos-protectantes o de 30 a 35 ciclos con los programas de protectantes (Orozco-Santos, 1998). Hasta el año 1995, anualmente se aplicaban alrededor de 430 mil Kg. de ingrediente activo, en su mayoría de fungicidas de acción sistémica y casi 13 millones de litros de citrolina (en promedio 184 l/ha/año). La tendencia actual de los programas de control basados en fungicidas protectantes ha permitido reducir significativamente el uso de citrolina o aceite agrícola. Sin embargo, la cantidad aplicada de ingrediente activo de fungicidas por unidad de superficie se ha incrementado, debido a las dosis más altas y al mayor número de ciclos de aspersión, por lo que se calculan más de 2.5 millones de Kg. de ingrediente activo de fungicidas protectantes son depositados anualmente a escala nacional (Orozco-Santos, 1998; Orozco-Santos *et al.*, 2001).

Hasta el momento poca investigación se ha realizado sobre el impacto ambiental y problemas en la salud humana como resultado de la aplicación continua de fungicidas y citrolina. Sin embargo, existen evidencias de ciertos plaguicidas que pueden causar toxicidad aguda y actuar como inductores moleculares de la actividad celular responsable de las funciones neuroendócrinas que regulan el control hormonal de la reproducción, diferenciación del sexo, proliferación de células y competencia del sistema inmune (Chambers y Yarbrough, 1982). La forma en que los humanos y la fauna son expuestos a los plaguicidas es por medio de las aplicaciones aéreas, productos alimenticios y agua potable contaminada. En plantaciones bananeras, la aspersión aérea es una técnica rápida para aplicar plaguicidas en áreas grandes; sin embargo, el escurrimiento de los sitios de almacenamiento y pistas de aterrizaje, así como la deriva de agroquímicos de los sitios tratados pueden contaminar los sistemas acuáticos y terrestres cercanos. (Henriques *et al.*, 1997).

El fungicida Propiconazol se ha usado por casi dos décadas para el control de sigatoka negra en México. Este fungicida puede encontrarse en concentraciones altas en agua de drenes adyacentes a las plantaciones de banano, tal y como ha sido demostrado en áreas bananeras de Costa Rica, en donde se han detectado concentraciones hasta de 24.2 µg/l de agua (Mortemen *et al.*, 1998). Por otra parte, a partir de 1995 el Mancozeb ha sido un fungicida clave en los programas de control a base de protectantes. En Costa Rica, se han registrado residuos de Mancozeb de 0.77 a 2.38 µg/cm² en canales después de una aplicación (Mortemen *et al.*, 1998). Los fungicidas son aplicados uniformemente en las plantaciones bananeras y tienen un contacto directo con muchos organismos terrestres y acuáticos. El Clorotalonil es conocido a ser tóxico a invertebrados acuáticos y peces, mientras que el Mancozeb posee propiedades carcinógenas y el Benomyl es teratogénico (Lacher *et al.*, 1997).

Acciones contra la enfermedad. La presencia de la sigatoka negra en las regiones productoras de banano en el sudeste de México originó que la Dirección General de Sanidad Vegetal perteneciente a la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural estableciera la Cuarentena Interior Permanente No. 18 contra la enfermedad. Su normatividad fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de Noviembre de 1987 (Robles *et al.*, 1988). El objetivo principal de esta cuarentena fue evitar o retrasar hasta donde sea posible la introducción de sigatoka negra en áreas o regiones bananeras donde la enfermedad no estaba presente. Las acciones más importantes que contemplaba la campaña fueron:

1. Movimiento restringido de material vegetativo procedente de zonas afectadas.
2. Establecimiento de casetas cuarentenarias.
3. No utilizar hojas en los vehículos de transporte para proteger la fruta.
4. Desinfección de vehículos.
5. Inspección de predios.

6. Aplicación de productos químicos para su combate.
7. Derribo de huertos severamente afectados

El establecimiento de esta cuarentena no fue suficiente para evitar que la sigatoka negra se diseminara a toda la República Mexicana, aun cuando existen grandes distancias (más de 1,000 Km.) y barreras geográficas naturales (cadenas montañosas) entre algunas áreas o regiones bananeras. En sólo 14 años desde su primer registro en México, la enfermedad se diseminó a todos los estados productores de banano y plátano. La introducción del patógeno entre regiones es posible atribuirse al movimiento de material vegetativo infectado (hojarasca) en los camiones que transportan la fruta (Orozco-Santos *et al.*, 1996) y la dispersión dentro de una región puede ser por medio del viento y movimiento de plantas o cormos infectados. Las ascosporas de *M. fijiensis* son la principal fuente de inóculo y el principal medio de dispersión a grandes distancias dentro de un área determinada (Burt *et al.*, 1997).

COMPORTAMIENTO DE SIGATOKA NEGRA

Golfo de México. En la región bananera del estado de Tabasco se han realizado algunos estudios epidemiológicos sobre la sigatoka negra (Ramírez, 1988; Ávila *et al.*, 1994). En otras áreas productoras del Golfo de México (San Rafael, Veracruz y Tuxtepec, Oaxaca), la investigación sobre la enfermedad ha sido escasa. En huertos sin control químico, los síntomas en estado de pizca (grado 1 y 2 escala de Fouré) se presentan de los 18 a 32 días después de la infección, mientras que la mancha tarda de 34 a 73 días. El desarrollo completo de los síntomas puede ser desde 50 a 115 días; el período más largo se registra en la época más seca del año. La enfermedad se presenta de manera endémica en ésta entidad y su severidad fluctúa a través del año dependiendo las condiciones climáticas (Ramírez, 1988; Ramírez y Rodríguez, 1996). La mayor severidad de sigatoka negra se observa durante la época de mayor precipitación, alcanzando una severidad hasta de un 15 a 25% en los meses de julio a diciembre. De enero a marzo, la enfermedad se presenta con menor agresividad, registrando una severidad promedio entre un 5 a 10% (Ramírez y Rodríguez, 1996).

Pacífico Centro. En estudios epidemiológicos realizados en esta región, se encontró que la mayor descarga de ascosporas esta relacionada 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 período de mayor daño de sigatoka negra se relaciona con la menor longevidad de las hojas en la planta. Las hojas emergidas de junio a octubre son destruidas totalmente por la enfermedad en 82 a 120 días, mientras que aquellas emergidas de noviembre a mayo la longevidad es de 135 a 200 días (Orozco-Santos, 1996; Orozco-Santos *et al.*, 2002). 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, 1998). Estos resultados indican que bajo las condiciones del trópico seco, la sigatoka negra presenta una fase epidémica inducida por las lluvias y otra fase de baja severidad por efecto de la época seca.

Pacífico Sur. La información registrada en un huerto con deficiente control químico de sigatoka negra mostró que el mayor daño (12 a 25% de severidad) se presenta durante los meses de junio a diciembre, lo cual coincide con la época de mayor precipitación. En este período se presentan síntomas en estado de mancha entre la hoja No. 4 a 6 y un 25 a 58% de hojas enfermas. La menor severidad de la enfermedad (enero a mayo) se relaciona con el período de menor precipitación, en donde se presentan manchas entre las hojas No. 7 a 9 y un 7 a 25% de hojas enfermas (Escudero y Rendón, 1996).

CONTROL QUÍMICO DE SIGATOKA NEGRA

El manejo de sigatoka negra en plantaciones comerciales de banano en el mundo es altamente dependiente del uso de fungicidas, los cuales son apoyados con prácticas de cultivo (deshoje, deshije, drenaje, control de malezas y nutrición) para reducir fuentes de inóculo y evitar condiciones favorables para el desarrollo del patógeno. Hasta 1995, en México el combate químico de la enfermedad se realizaba mediante el uso de fungicidas de acción sistémica del grupo de los triazoles (Tebuconazole, Propiconazol, Bitertanol, Fenbuconazole y Hexaconazol), benzimidazoles (Benomyl, Carbendazim y Metil tiofanato), morfolinás (tridemorph) y estrobilurinas (Azoxistrobin) (Orozco-Santos, 1998). Asimismo, los fungicidas de contacto o

protectivos (Clorotalonil y Mancozeb) también eran incluidos en los programas de aspersión. A partir de 1995, hubo cambios notables en los programas de control al incrementarse el uso de fungicidas protectantes en todas las áreas productoras de México (Escudero y Rendón, 1996). En estos programas se realizan aplicaciones periódicas (cada 7 a 14 días) con el propósito de proteger de la enfermedad cada hoja que va emergiendo.

MANEJO DE SIGATOKA NEGRA EN MÉXICO

En la región bananera del Golfo de México, se requerían de 20 a 25 aplicaciones de fungicidas con el programa tradicional de sistémicos-protectantes en el área de San Rafael, Veracruz, mientras que en el estado de Tabasco eran necesarias de 30 a 35 ciclos de aspersión. Durante la temporada de lluvias se utilizaban fungicidas sistémicos en mezclas simples o compuestas, a intervalos de 10 a 12 días. En cambio en el período seco, se usaban preferentemente fungicidas de contacto con una periodicidad de 14 días (Ramírez y Rodríguez, 1996). A partir de 1996, se implementaron programas de aspersión mediante el uso exclusivo de fungicidas protectivos (principalmente Mancozeb) para el combate de la enfermedad, en los cuales se evita el uso de citrolina. Los intervalos de aplicación varían de 7 a 12 días dependiendo de la época del año. Con los programas de protectantes se aplican de 40 a 52 aplicaciones anuales.

En el Pacífico Centro, el número de aplicaciones de fungicidas sistémicos-protectantes necesarias para el control de sigatoka negra fluctúa entre 15 a 20. Durante la época de lluvias (junio a octubre) y formación de rocío (noviembre a enero), la sigatoka negra es controlada con aplicaciones aéreas de fungicidas de acción sistémica a intervalos de 14 a 21 días, mientras que en la época seca (enero a mayo) se emplean fungicidas protectivos o sistémicos cada 25 a 40 días, dependiendo la incidencia de la enfermedad (Orozco-Santos *et al.*, 1996; Orozco-Santos, 1998). Estudios con el sistema del preaviso biológico (Marín y Romero, 1992) en una plantación de banano demostraron los beneficios en reducir el número de aplicaciones contra la enfermedad. Se requirieron únicamente 10 a 12 ciclos de aspersión durante el período de lluvias y rocío, mientras que en la época seca no fue necesaria ninguna aplicación de acuerdo al estado evolutivo de la enfermedad (Orozco-Santos, 1995; Orozco-Santos *et al.*, 2002). Con la implementación de los programas de protectantes a base del fungicida Mancozeb o Clorotalonil, se realizan aplicaciones semanales durante la época de lluvias y cada 10 a 14 días durante la época seca, que en su totalidad suman de 30 a 35 aplicaciones por año.

Finalmente, en el Pacífico Sur se requerían anualmente hasta 35 aplicaciones de fungicidas con el programa tradicional de sistémicos-protectantes. Durante el tiempo de lluvias, se hacía un uso intensivo de fungicidas sistémicos con una periodicidad de 10 a 14 días, mientras que en la época seca se alternaba la aplicación de fungicidas sistémicos y protectivos. En esta región al igual que en el Golfo de México, se hace uso exclusivo de fungicidas protectivos (Clorotalonil y Mancozeb) (Escudero y Rendón, 1996). Durante la época de lluvias se realizan aplicaciones semanales y durante la época seca cada 10 a 14 días.

A escala mundial, el control químico de sigatoka negra se basa en el uso de fungicidas de estos grupos químicos, lo cual se considera de alto riesgo para los problemas de resistencia detectados para algunos grupos de fungicidas. Existen numerosos reportes de la pérdida de sensibilidad del hongo *M. fijiensis* a los fungicidas benzimidazoles. La resistencia del Benomyl fue reportada por primera vez en Honduras en 1977 después de dos o tres años de uso continuo. Sin embargo, este fungicida continuo usándose en todos los países de América Central y México y posteriores estudios evidenciaron los problemas de resistencia en diversas áreas bananeras (Fullerton y Tracey, 1984; Stover, 1979). La primera evidencia de pérdida de sensibilidad de *M. fijiensis* a Propiconazol fue reportada en Costa Rica (Castro *et al.*, 1995; Romero y Sutton, 1997). Actualmente, la resistencia a DMI esta ampliamente distribuida en las áreas productores de banano en América Central (Marín *et al.*, 2003). Asimismo, existen problemas de resistencia a los fungicidas del grupo de las estrobilurinas en fincas tratadas en promedio con seis aplicaciones anuales durante dos años de uso en el control de sigatoka negra en Costa Rica (Amil *et al.*, 2002; Knight *et al.*, 2002; Marín *et al.*, 2003).

La evaluación de nuevas moléculas de fungicidas con acción diferente a las actuales y sin o poco efectos nocivos al medio ambiente y salud humana es prioritario para la búsqueda de nuevas alternativas de manejo de sigatoka negra. Dentro de este grupo de fungicidas se encuentra el Azoxistrobin que es seguro desde el punto de vista ambiental. Por otra parte, se ha lanzado al mercado una nueva molécula conocida como acibenzolar-S-methyl, la cual activa las defensas naturales de la planta expresando el fenómeno conocido como resistencia sistémica activada (Madrigal *et al.*, 1998). Actualmente, existen dos fungicidas del grupo de las estrobilurinas (también llamados Qol's): Azoxistrobin y Trifloxystrobin, los cuales están registrados para su uso en banano en América Central. Recientemente se ha demostrada la efectividad del fungicida Pyraclostrobin en el control de sigatoka negra (Orozco-Santos y Farías-Larios, 2002). En un futuro cercano, se espera el registro

de dos nuevos fungicidas que poseen un modo de acción diferente a los fungicidas actualmente empleados en el control de sigatoka negra. Estos son: Pyrimethanil (una anilinopyrimidina) y Spiroxamine (un spiroketalamina) (Marín *et al.*, 2003).

INVESTIGACIÓN SOBRE SIGATOKA NEGRA EN MÉXICO

La investigación en México sobre Sigatoka negra ha sido orientada hacia aspectos de biología del hongo, epidemiología, evaluación de germoplasma, control químico, preaviso biológico y recientemente se han iniciado estudios sobre resistencia a fungicidas, diversidad genética del hongo y transformación genética (Cuadro 1). En la región del Golfo de México (Tabasco), la investigación se ha enfocado a estudios sobre biología, epidemiología, efecto de prácticas culturales, control químico, evaluación de germoplasma y sensibilidad del hongo a fungicidas (Ramírez y Rodríguez, 1996). En el Pacífico Centro, la investigación se ha desarrollado principalmente en el estado de Colima. Las líneas de investigación se han orientado hacia epidemiología, control químico, preaviso biológico, control biológico, diversidad genética del patógeno, evaluación de clones resistentes a sigatoka negra y pruebas de sensibilidad a fungicidas (Orozco-Santos, 1998). Asimismo, en la región del Pacífico Sur (Chiapas) los estudios sobre Sigatoka negra han sido enfocados hacia epidemiología, prácticas culturales y control químico.

Cuadro 1. Líneas de investigación sobre Sigatoka negra en México

Líneas de investigación	Regiones productoras		
	Golfo de México	Pacífico Centro	Pacífico Sur
Biología del hongo	X	X	X
Epidemiología	X	X	X
Prácticas culturales	X	X	X
Control químico	X	X	X
Preaviso biológico		X	
Control biológico		X	
Evaluación de germoplasma	X	X	X
Sensibilidad a fungicidas	X	X	X
Transformación genética ¹	x		
Genética del hongo ²		X	

¹Estudios realizados por el Centro de Investigaciones Avanzadas (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional (Gómez Lim, 1998; Gómez-Lim *et al.*, 2002) y ² por el Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán (A. James, *comunicación personal*), la Universidad de Colima y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Desde su aparición en México en 1980, la Sigatoka negra se ha convertido en el principal problema fitosanitario del banano y algunos clones de plátano en todas las regiones productoras. La enfermedad se ha adaptado a las diversas condiciones ambientales del país y con el tiempo el patógeno se ha vuelto más agresivo, lo cual dificulta su manejo e incrementa los costos de producción. En la región del trópico seco (Pacífico Centro), su incidencia y severidad es menor con relación a las regiones tropicales húmedas (Golfo de México y Pacífico Sur) por las diferencias notables en la cantidad y distribución de las lluvias. En dos décadas, la Sigatoka negra se diseminó a todas las áreas bananeras de México, en donde el control químico es el método más usado para su combate. Sin embargo, el tiempo ha evidenciado que la aplicación de fungicidas no ha sido una solución sólida. Esto es debido en gran parte a la propia naturaleza compleja del patógeno (tipo de reproducción, patogenidad, diseminación, entre otros) y a las características del hospedero (uniformidad genética por su reproducción sexual, plantaciones extensas y tejido susceptible disponible durante todo el año), lo cual ha permitido una estrecha relación entre el huésped y el parásito. La investigación sobre Sigatoka negra en México debe estar enfocada hacia líneas prioritarias que conduzcan hacia un manejo sustentable de la enfermedad con el propósito de reducir contaminación ambiental, riesgos en la salud humana y conservación

de recursos naturales. La evaluación de germoplasma con resistencia a la enfermedad (Orozco-Romero *et al.*, 1998) y transformación genética (Gómez-Lim, 1998; Gómez-Lim *et al.*, 2002) son metas prioritarias a mediano y largo plazo del programa de Musáceas en México. A corto plazo, es importante continuar con la investigación en bananos comerciales del Subgrupo Cavendish (Gran Enano y Valery) y algunos cultivares de plátano con el propósito de eficientar el manejo de Sigatoka negra. Los estudios sobre control cultural, preaviso biológico y evaluación de programas de aplicación de fungicidas considerando su impacto ambiental permitirán reducir el número de ciclos de aspersión de fungicidas. Asimismo, es de vital importancia estudios específicos del patógeno (diversidad genética y variabilidad patogénica, epidemiología y sensibilidad a fungicidas) para diseñar estrategias de control de la enfermedad (Orozco-Santos *et al.*, 2001).

BIBLIOGRAFIA

- Amil, A., Cook, A., Stanger, C., Knight, S., Wirz, M., and Saw, M. 2002. Las dinámicas de la sensibilidad de *Mycosphaerella fijiensis* a estrobilurinas (Qol's) en Costa Rica. Memorias de la XV Reunión ACORBAT 2002. Cartagena de Indias, Colombia. p. 158-162.
- Ávila, A.C., Contreras, M. de E.M. y Teliz, O.D. 1994. Epidemiología de la sigatoka negra en plantaciones comerciales de banano (*Musa* AAA, subgrupo Cavendish) en Tabasco, México. p. 257-263. In: Contreras, M.A.; Guzmán, J.A. y Carrasco, L.R. (Eds.). Memorias de la X Reunión ACORBAT (Noviembre de 1991, Tabasco, México). San José, C.R., CORBANA. 732 P.
- 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.
- Castro, O., Wang, A. y Campos, L.F. 1995. Análisis *in vitro* de la sensibilidad de *Mycosphaerella fijiensis* a los fungicidas fenarimol, tridemorph y propiconazole. *Phytopathology* 85:382.
- Chambers, J.E., and Yarbrough, J.D. 1982. Effects of chronic exposure to pesticides on animal systems. Raven, New York, NY, USA.
- Clay, K., and Kover, P. 1996. Evolution and stasis in plant pathogen associations. *Ecology* 77:997-1003.
- Contreras, M. de E.M. 1983. El chamusco negro (sigatoka) una nueva enfermedad de la hoja de los plátanos. Universidad Autónoma de Chapingo. México. *Revista de Geografía Agrícola* 4: 61-102.
- Escudero, M.C. and Rendón, E.C. 1996. Integrated management experiences with black sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*) and non-systemic fungicides in Soconusco, Chiapas, Mexico. XII Meeting ACORBAT. Santo Domingo, República Dominicana (Abstract). p. 53.
- 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: Proceedings of an international workshop. INIBAP. San José, Costa Rica. 374 p.
- Gómez-Lim, M.A. 1998. Genetic transformation of bananas: strategies to control sigatoka disease. Memorias del primer Simposium Internacional sobre Sigatoka Negra. SAGAR, INIFAP. Manzanillo, Colima, México. p.122-125.
- Gómez-Lim, M.A., González, J.A., Ortiz, J.L., Aguilar, M.E., y Sandoval, J. 2002. Generación de banano (Cv. Gran Nain) transgénico conteniendo genes antifúngicos para conferir resistencia contra sigatoka negra. Memorias de la XV Reunión ACORBAT 2002. Cartagena de Indias, Colombia. p. 114-118.
- Henriques, W., Jeffers, R.D., Leacher, T.E. Jr., and Kendall, R.J. 1997. Agrochemical use on banana plantations in Latin America: perspectives on ecological risk. *Environmental Toxicology and Chemistry* 16(1):91-99.

- Holguín, M.F. y Avila, A.L. Chamusco negro del plátano (*Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*) en Tabasco. X Cong. Nal. de Fitopatología. Culiacán, Sinaloa, México. El vector 3(2):1.
- Knight, S., Wirz, M., Amil, A. y Cook, A. 2002. Resistencia a fungicidas en *Mycosphaerella fijiensis* Morelet: estado actual y perspectivas. Memorias de la XV Reunión ACORBAT 2002. Cartagena de Indias, Colombia. p. 163-166.
- Lacher, T.E. Jr., Mortensen, S.R., Johnson, K.A., and Kendall, R.J. 1997. Environmental aspects of pesticide use on banana plantations. Pesticide Outlook, December:24-28.
- Madrigal, A. 1988. CGA Z45704, a new plant activator to improve natural resistance of banana against black sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*). Proceeding XIII Meeting ACORBAT Ecuador 98. Guayaquil, Ecuador. p. 266-274.
- Marín, D.H., Romero, A.R., Guzmán, M. and Sutton, T.B. 2003. Black sigatoka: an increasing threat to banana cultivation. Plant Disease 87: 208-222..
- 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.
- Mortensen, S.R., Johnson, K.A., Weisskopf, C.P., Hooper, M.J., Lacher, T.E., and Kendall, R.J. 1998. Avian exposure to pesticides in Costa Rican banana plantations. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 60:562-568.
- Mourichon, X., and Fullerton, R.A. 1990. Geographical distribution of the two species *Mycosphaerella musicola* Leach (*Cercospora musae*) and *M. fijiensis* Morelet (*C. fijiensis*), respectively agents of sigatoka diseases and black leaf streak disease in bananas and plantains. Fruits 45(3):213-218.
- Orozco-Romero, J., Ramírez-Sandoval, G., y Vázquez-Valdivia, V. 1998. Comportamiento del banano FHIA-01 y plátano FHIA-21 en México. Memorias del Simposium Internacional sobre sigatoka negra. SAGAR, INIFAP, INIBAP. Manzanillo, Colima, México. P. 112-121.
- Orozco-Santos, M. 1995. Control químico de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) del plátano mediante el sistema de preaviso biológico. XXII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Guadalajara, Jalisco, México. Resumen No. 19.
- 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. y Ramírez, S.G. 1991. La sigatoka negra del plátano (*Mycosphaerella fijiensis*) en el estado de Colima. Revista Mexicana de Fitopatología 9(2):69-75.
- Orozco-Santos, M., Orozco-Romero, J., Farías-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., Farías-Larios, J., Manzo-Sánchez, G., and Guzmán, González, S. 2001a. Black sigatoka disease (*Mycosphaerella fijiensis*) in Mexico. INFOMUSA 10(1):33-37.
- Orozco-Santos, M. y Farías-Larios, J. 2002. Efecto del Pyraclostrobin sobre el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en banano. Memorias de la XV Reunión ACORBAT 2002. Cartagena de Indias, Colombia. p. 243-248.
- Orozco-Santos, M., Farías-Larios, J., Manzo-Sánchez, G., y Guzmán-González, S. 2002. Manejo integrado de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) del banano en el trópico seco de México. Memorias de la XV Reunión ACORBAT 2002. Cartagena de Indias, Colombia. p. 119-124.
- Ploetz, R.C., Zentmeyer, G.A., Nishijima, W.T., Rohrbach, K.G., and Ohr, H.D. (Eds.) 1994. Compendium of tropical fruit diseases. APS Press. St. Paul, Minnesota, USA. 88 p.

- Ramírez, S.G. 1988. La sigatoka negra del plátano en Tabasco: Análisis de la epidemia y desarrollo de un modelo de pronóstico. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 79 p.
- 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. Tabasco, México. Folleto técnico No. 13. 80 p.
- Robles, H.E., Velázquez, M.F., Ulloa, M. y Delgado, S.S. 1988. La sigatoka negra del plátano en México (Monografía). SARH, Dir. Gen. de San. y Prot. Agrop. y For. Dirección de Sanidad Vegetal. México. 60 p.
- Romero, R.A. and Sutton, T.B. 1997. Sensitivity of *Mycosphaerella fijiensis*, causal agent of black sigatoka of banana, to propiconazole. *Phytopathology* 87:96-100.
- SAGARPA 2003. Avance de siembras y cosechas. Año Agrícola 2003. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://www.sagarpa.gob.mx>
- Stover, R.H. 1979. Field observations on benomyl tolerance in ascospores of *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 69:500-502.
- Stover, R.H. 1980. Sigatoka leaf spot of bananas and plantains. *Plant Disease* 64:750-755.
- Stover, R.H. and Dickson, J.D. 1976. Banana leaf spot caused by *Mycosphaerella musicola* and *M. fijiensis* var. *difformis*: a comparison of the first Central American epidemics. *FAO Plant Protection Bulletin* 24:36-42.

LOGROS Y PERSPECTIVAS DE LA TRANSFORMACIÓN GENÉTICA EN BANANO

Miguel Angel Gómez Lim¹, José Antonio González Rodríguez³, Juan Luis Ortiz Vargas², María Elena Aguilar Vega² y Jorge Sandoval⁴

RESUMEN

El campo del mejoramiento genético del banano ha sido un área de investigación muy activa en los últimos años. El mejoramiento tradicional ha tenido una serie de éxitos que le han permitido liberar variedades con resistencia a *Mycosphaerella fijiensis*. Sin embargo, la ingeniería genética también ha contribuido de una manera sin precedentes para la generación de plantas que al menos en ensayos preliminares han mostrado cierta resistencia/tolerancia al hongo. El aislamiento de genes de resistencia, sin duda tendrá un impacto importante en esta área. Considerando el gran potencial de esta tecnología, para generar plantas con resistencia a otras plagas como los nemátodos, será necesario seleccionar cuidadosamente los genes a insertar en el banano en futuros experimentos y tener una estrecha colaboración con metodologías tradicionales para que se alcance un verdadero éxito.

ABSTRACT

Genetic improvement in banana has been an active area of research over the last few years. Traditional breeding has had a dramatic impact and as a result, several *Mycosphaerella fijiensis*-resistant cultivars have been released. However, genetic engineering has also contributed in an unprecedented manner to the generation of resistant plants which, in control assays, display a certain degree of tolerance/resistance. Isolation of resistant gene will, no doubt, have an important impact in the field. Considering the enormous potential of this technology to generate plants showing resistance to plagues such as nematodes, it will be essential to select carefully those genes to be transferred into banana in future experiments and to work closely with traditional methodologies to reach a real success.

INTRODUCCIÓN

Los frutos constituyen una de las bases de la alimentación humana al proporcionar una fuente importante de vitaminas y minerales. El plátano 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 (FAOSTAT, 2004). El plátano es producido casi en su totalidad para consumo local y su relevancia como producto de la dieta básica de la región es evidente si consideramos que el total de exportaciones a Norte América y Europa es de únicamente 1% de lo producido. Existen países en América Latina como Ecuador y Costa Rica cuyas economías dependen en buena medida de este cultivo. Los bananos para exportación, son exclusivamente del grupo 'Cavendish' y constituyen cerca del 10% de la producción global. El 90% restante de la producción se compone de una gama muy amplia de cultivares, cada uno adaptada a un ambiente agroecológico específico y seleccionado por sus características culinarias o de cocción. El valor alimenticio del fruto del plátano es comparable al tubérculo de la papa (Stover y Simmonds, 1987).

La Sigatoka negra

A nivel global, el problema mas grande para la producción de bananos se considera la enfermedad Sigatoka negra, causada por *Mycosphaerella fijiensis* Morelet (Stover y Simmonds, 1987). Este hongo es una forma más virulenta del patógeno que causa la Sigatoka amarilla (*Mycosphaerella musicola*), a la que ha substituido en muchas áreas de la producción (Stover y Simmonds, 1987). La infección de la hoja por el hongo conduce a la necrosis, a una disminución de la tasa fotosintética y a la pérdida de hasta el 50% de la producción (Mobambo et al., 1993). Los métodos de control incluyen técnicas culturales (suelos con buen drenaje, deshierbar, podas periódicas y la quema de hojas e hijuelos infectados) pero principalmente, el uso de agroquímicos (aceites minerales y fungicidas tales como benzimidazoles, triazoles, morfollinas y estrobilurinas). Para producir una

¹ Centro de Investigación y Estudios Avanzados, CINVESTAV, Irapuato, Gto. México.

² Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

³ Instituto Tecnológico Superior de Acayucan, ITSA, Veracruz, México.

⁴ CORBANA, Apartado postal: 6504-1000 San José, Costa Rica.

cosecha, los plátanos se llegan a rociar una o dos veces semanalmente con aplicaciones aéreas de fungicidas en altas cantidades, con la consiguiente degradación del ambiente. Además, este uso excesivo de fungicidas ha dado lugar al desarrollo de las cepas resistentes del hongo. Hoy en día, el costo anual del uso del fungicida es aproximadamente \$1000-1300 dólares por hectárea.

Mejoramiento del banano

Métodos tradicionales. Este proceso implica la identificación de genes de la resistencia en cultivares tradicionales o especies silvestres relacionadas y su incorporación en variedades comerciales. En el caso del banano este proceso se ha visto obstaculizado por los largos tiempos de generación y porque todas las variedades cultivadas son triploides estériles que no producen semillas. Por ello, la producción mundial es enteramente dependiente en clones no mejorados, a menudo colectados del campo, domesticados y mantenidos por propagación clonal (Novak, 1992). Sin embargo, ha habido esfuerzos importantes de producir híbridos con resistencia o tolerancia para la Sigatoka negra por medios convencionales. Por ejemplo, Phillip Rowe y sus colegas en FHIA han liberado varios híbridos con resistencia a Sigatoka negro (tal como 'FHIA-01', 'FHIA-18' y 'FHIA-21'). A pesar de estos resultados, la mejora genética de plátanos por medios convencionales sigue siendo una tarea lenta, y en vista de la escala y de la diversidad de los problemas para los productores del plátano por todo el mundo, los esfuerzos genéticos de la mejora de *Musa* siguen siendo demasiado pequeños.

Métodos no tradicionales. Aunque el mejoramiento tradicional ha sido lento para *Musa* spp., el uso del cultivo de tejidos ha sido muy útil para el mejoramiento del cultivo y la distribución del germoplasma. El uso de rescate de embriones, aislamiento de protoplastos, cultivos de suspensiones celulares y la criopreservación han sido muy utilizadas para superar limitaciones en el mejoramiento de este cultivo. El cultivo de meristemos se utiliza extensamente en países en vías de desarrollo y desarrollados para la multiplicación de *Musa* (Arias, 1993; Swennen y Rosales, 1994). En términos de cultivos importantes para las cuales la biotecnología ofrece la posibilidad de una mejora dramática, hay pocas oportunidades tan abiertas como en *Musa* (Arntzen y Lam, 1992). Sería extremadamente ventajoso el poder mejorar los cultivares sin semillas comercialmente aceptados.

La transformación genética

El establecimiento de suspensiones embrionarias (Cote et al., 1996) ha sido instrumental en el desarrollo de la transformación genética de banano. Originalmente, se utilizaron genes marcadores (GUS) en la transformación genética de cultivares del grupo Cavendish (Gran Nain y Williams) que se basó en dos métodos diferentes: El uso de meristemos y transformación por *Agrobacterium tumefaciens* (May et al., 1995) y el uso de suspensiones celulares y transformación por biolística (Sagi et al., 1995). Con el tiempo la técnica más utilizada para la generación de bananos transgénicos ha sido el uso de suspensiones celulares y transformación por biolística, debido a que el otro método es muy susceptible a la creación de plantas quiméricas (Becker et al., 2000). Sin embargo, ha sido posible combinar exitosamente *A. tumefaciens* y suspensiones celulares (Ganapathi et al., 2001).

Considerando que el problema fitopatológico es el más serio que tiene el cultivo, no es sorprendente que se hayan orientado los esfuerzos hacia la generación de variedades resistentes. Para esto, se han utilizado diversos genes que codifican para proteínas de defensa contra hongos como las defensinas (Broekaert et al., 1995) o para proteínas relacionadas con patogénesis como quitinasas y glucanasas (Melchers and Stuver, 2000) o para péptidos antimicrobianos como las magaininas (Maloy and Karim, 1995). De esta manera se han generado plantas transgénicas de banano de diversos cultivares conteniendo defensinas (Remy et al., 1998; Gonzalez-Rodriguez et al., 2004), quitinasas y glucanasas (Chong Perez et al., 2004; Gómez-Lim et al., 2004) y magaininas (Chakrabarti et al., 2003). Todas estas plantas mostraron un cierto nivel de resistencia/tolerancia a hongos fitopatógenos incluyendo *Mycosphaerella fijiensis*. Además algunas de estas plantas han estado en pruebas de campo desde hace más de dos años en el occidente de México (Gómez-Lim et al., 2004). Por todos estos resultados, está claro que esta estrategia tiene mucho potencial para poder generar plantas resistentes al hongo. Sin embargo, Fullerton and Olsen (1995) han demostrado considerable variabilidad en patogenicidad de *M. fijiensis* y que la resistencia expresada por algunos de los genotipos de banano es específica a determinadas cepas del hongo y susceptible a ser rota. De hecho ya se ha reportado ruptura del hongo a la resistencia natural de cultivares tradicionales como Paka, T8, Calcuta IV y Yangambi Km (Fullerton, 2002) e incluso de algunas variedades FHIA (Guzmán, 2002). Por ello, es posible que el hongo pueda romper la resistencia de plantas transgénicas. Se han planteado (Fullerton, 2002) algunas estrategias para minimizar este riesgo y son:

1. Identificar nuevas fuentes de resistencia
2. Análisis genéticos para determinar el número de genes involucrados en la resistencia

3. Realizar pruebas de patogenicidad de variedades resistentes con cepas virulentas del hongo bajo condiciones controladas.

4. Utilizar en lo posible para mejoramiento tradicional, variedades que presenten resistencia general en lugar de sólo a ciertas cepas del hongo.

Las tendencias actuales en investigación están encaminadas a la búsqueda de nuevas fuentes (genes) de resistencia de variedades silvestres y de hecho recientemente se identificó un gen de resistencia en una variedad diploide (Peraza-Echeverría et al., 2004). Por otro lado también se busca generar plantas de banano conteniendo múltiples genes de resistencia y recientemente se han generado plantas de banano conteniendo hasta cuatro diferentes tipos de genes de defensa (Perea-Arango I. Ortiz-Vargas, J.L., Aguilar-Vega, M.E. y Gómez Lim, M.A. manuscrito en preparación).

En concreto, qué beneficios puede aportar la ingeniería genética? En primer lugar el tiempo de generación de las variedades resistentes sería mucho menor que en un programa convencional. En segundo lugar, las variedades resistentes serían IDENTICAS a las originales excepto porque contendrían el o los genes de resistencia introducidos. En tercer lugar, se podrían manejar variedades ya establecidas comercialmente, lo que redundaría en ahorro de tiempo y dinero. En cuarto lugar, la tecnología para hacerlo ya existe en muchos países, incluyendo algunos de Latinoamérica como México, Costa Rica, Brasil, Cuba y Colombia. En quinto lugar, potencialmente se podría generar resistencia contra otros patógenos de banano como se ha demostrado recientemente contra nemátodos (Atkinson et al., 2004).

Sin embargo, aunque la ingeniería genética representa una gran oportunidad de desarrollo en la región, también existen inconvenientes que limitan su aplicación en gran escala. En primer lugar, la metodología para hacerlo es complicada y requiere mucha experiencia. En segundo lugar, hay poco personal especializado en la región. En tercer lugar, el introducir mas de un gen a la planta es un proceso complicado e ineficiente. En cuarto lugar, los grupos ecologistas de la región han hecho una campaña en contra de cualquier organismo genéticamente manipulado (OGM) incluyendo al banano. Ellos no se han preocupado en lo absoluto por proponer alternativas al descomunal abuso de tóxicos fungicidas que causan graves daños a la salud (Ramírez and Cuenca, 2002; Penagos, 2002; Wesseling et al., 2002) y daños a otras industrias. De hecho la industria del camarón en el Ecuador (el principal exportador de bananas) se ha visto seriamente afectada por los fungicidas utilizados en el banano que terminan en el mar.

Los organismos genéticamente manipulados NO causan daños a la salud como se ha demostrado en los Estados Unidos y en Europa en donde se han consumido por años aunque en Europa existe una moratoria.

Los genes del banano

Desde hace tiempo se ha venido trabajando en el aislamiento de genes de banano. De hecho nosotros fuimos los primeros en identificar un gen de defensa de banano (Clendennen et al., 1997a). Hay esfuerzos actuales por identificar genes de resistencia (Peraza-Echeverría et al., 2004; Coemans et al., 2004; Ramírez-López, A., Orozco-Santos, M. y Gómez Lim, 2004; resultados no publicados), pero por mucho la mayoría de los genes identificados pertenecen a procesos de maduración del fruto (Clendennen et al., 1997b; Medina-Suarez et al., 1997; Manrique-Trujillo, S.M. y Gómez-Lim M.A. 2004 resultados no publicados). Las nuevas herramientas de la genómica, sin duda, tendrán un fuerte impacto en esta área.

Perspectivas

Existen muchas evidencias de que en los próximos cinco años habrá muchas novedades en el campo del banano. Para empezar, es factible pensar que habrá un gran número de plantas con resistencia a hongos y a nemátodos y será cuestión de hacer una evaluación agronómica en el campo de todas ellas para determinar su valor. Por otro lado, se están estudiando una serie de promotores que permitan controlar la expresión de los transgenes de mejor manera (Dugdale et al., 1998; Hermann et al., 2001). Será necesario también emplear varios genes novedosos de resistencia en la misma planta para retardar la ruptura de la resistencia por el hongo. La genómica será fundamental para identificar y caracterizar genes involucrados en la respuesta de la planta al hongo.

En este breve resumen se ha descrito el estado del campo de la ingeniería genética del banano con sus ventajas y sus desventajas. De ninguna manera se ha pretendido presentar al área como la panacea para resolver los problemas agronómicos del banano. Lo único cierto, es que esta área, en combinación con metodologías tradicionales podrán solucionar esos problemas.

REFERENCIAS

- Arias, O. 1993. Commercial micropropagation of banana, p. 139-142. In: Biotechnology Applications for Banana and Plantain improvement. INIBAP Publication, Montpellier Cedex 5, France.
- Arntzen, C.J. and Lam, M-K. 1992. Biotechnology for the improvement of banana and plantains, p. 313-320. In: Advanced Technology Assessment System. Issue 9, Biotechnology and Development. United Nations Publication E.92.II.A.15, New York.
- Atkinson, HJ, Grimwood, S., Johnston, K. and Green, J. (2004) Prototype demonstration of transgenic resistance to the nematode *Radopholus similis* conferred on banana by a cystatin. *Transgenic Research* 13:135-142.
- Broekaert W., Terras F., Cammue B., Osborne R. (1995) Plant defensins: novel antimicrobial peptides as components of the host defense system. *Plant Physiol.* 108:1353-1358.
- Chakrabarti, A., Ganapathi, T.R. and Mukherjee, P.K. V.A. Bapat (2003) MSI-99, a magainin analogue, imparts enhanced disease resistance in transgenic tobacco and banana. *Planta* 216: 587–596.
- Chong-Perez, B., Bermúdez-Caraballosa, I., López-Torres, J., Machado, J.M., Portal-Villafañá, O., Alvarado-Capo, Y., Swennen, R., Sagi, L. and Gómez-Kosky, R. (2004) Genetic transformation using chimeric antifungal genes. 1st. International Congress on Musa. Penang, Malaysia. Abstracts.
- Clendennen, S.K. and May, G.D. (1997a) Differential gene expression in ripening banana fruit. *Plant Physiol.* 115:463-469.
- Clendennen, S.K., López-Gómez, R., Gómez-Lim, M.A., May, G.D. and Arntzen, C.J. (1997b) The Abundant 31-Kilodalton Banana Pulp Protein is Homologous to Class-III Acidic Chitinases. *Phytochemistry* 47: 613-619.
- Coemans, B., Hatsumara, H., Remy, S., Kruger, D.H., Reich, S. et al. Gene expression profiling in leaves infected with *Mycosphaerella fijiensis*. 1st. International Congress on Musa. Penang, Malaysia. Abstracts.
- Cote, F.X., Domergue, R., Mommanson, S., Schwendiman, J., Teisson, C. and Escalant, J.V. (1996) Embryogenic cell suspensions from the male flower of *Musa AAA* cv. Grand nain. *Physiol. Plant.* 97: 285-290.
- Dugdale, B, Beetham, P.R., Becker, D.K., Harding, R.M. and Dale, J.L. (1998) Promoter activity associated with the intergenic regions of banana bunchy top virus DNA-1 to -6 in transgenic tobacco and banana cells. *Journal General Virology* 79 (Pt 10):2301-2311.
- FAOSTAT (2004). <http://apps.fao.org/cgi-bin/nph-db.pl?subset=agriculture>
- Fullerton, R. A. and Olsen, T.L. (1995) Pathogenic variability in *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, cause of Black Sigatoka in banan and plantain. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 23: 39-48.
- Fullerton, R.A. (2002) Pathogenic variability in *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, and its implications for disease resistant bananas and plantains. *Memorias XV reunion Internacional ACORBAT*. Cartagena de Indias, Colombia.
- Ganapathi, T.R., Higgs, N.S., Balint-Kurti, P.J., Arntzen, C.J., May, G.D. and Van Eck, J.M. (2001) Agrobacterium-mediated transformation of embryogenic cell suspensions of the banana cultivar Rasthali (AAB). *Plant Cell Reports* (2001) 20:157–162.
- Gómez-Lim, MA., González-Rodríguez, J.A., Ortiz-Vargas, J.L., Sandoval, J. and Aguilar-Vega, M. (2004) Genetic transformation of cv. "Grand naine". 1st. International Congress on Musa. Penang, Malaysia. Abstracts.
- González-Rodríguez, J.A., Ortiz-Vargas, J.L., Aguilar-Vega, M. and Gómez-Lim, MA. (2004) Generation of transgenic banana plants cv. 'Grand Nain' expressing heterologous genes with antifungal activity *in vitro*. *Planta* (Enviado para publicación).

- Guzmán, M. (2002) Situación de la Sigatoka negra en Costa Rica y opciones para el manejo de la enfermedad. Memorias XV reunion Internacional ACORBAT. Cartagena de Indias, Colombia.
- Hermann, S.R., Harding, R.M. and Dale, J.L. (2001) The banana actin 1 promoter drives near-constitutive transgene expression in vegetative tissues of banana (*Musa* spp.) Plant Cell Reports 20:525–530.
- Maloy, W.L. and Karim U,P (1995) Structure-activity studies on magainins and other host defense peptides. Biopolymers 37:105-122.
- May, G.D., R. Afza, H.S. Mason, A. Wiecko, F.J. Novak, AND C.J. Arntzen. 1995. Generation of transgenic banana (*Musa acuminata*) plants via *Agrobacterium*-mediated transformation. Bio/Technology. 13: 486-492.
- Medina-Suarez, R., Manning, K., Fletcher, J., Aked, J., Bird, C.R., and Seymour, G.B. (1997) Gene expression in the pulp of ripening bananas. 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.
- Melchers, L.S. and Stuiver, M.H. (2000) Novel genes for disease resistance. Curr. Op. Plant Biol. 3: 147-152.
- Mobambo, K.N., Gauhl, F. Vuylsteke, D., Ortiz, R., Pasberg-Gauhl, C. and Swennen, R. (1993) Yield loss in plantain from black Sigatoka leaf spot and field performance of resistant hybrids. Field. Crop Res. 35: 35-42.
- Novak, F. 1992. *Musa* (Bananas and Plantains), p.449-488. In: Biotechnology of Perennial Fruit crops, Hammerschlag, F.A. and Litz, R.E. (Eds.). CAB International, Wallingford, Oxon, UK.
- Penagos H.G. (2002) Contact dermatitis caused by pesticides among banana plantation workers in Panama. International Journal Occupation and Environmental Health 8:14-18.
- Peraza-Echeverría, S., Dale, J.L., Khanna, H., Smith, M. and Collet, C. (2004) Potential resistance gene against Fusarium wilt race 4. 1st. International Congress on Musa. Penang, Malaysia. Abstracts.
- Ramírez, V. and Cuenca, P. (2002) DNA damage in female workers exposed to pesticides in banana plantations at Limon, Costa Rica. Revista de Biología Tropical 50:507-518.
- Remy, S., Buyens, A., Cammue, B.P., Swennen, R., and Sagi, L. (1998) Production of transgenic banana plants expressing antifungal proteins. Acta Hort. 490:433-436.
- Remy, S., Buyens, A., Cammue, B.P., Swennen, R., and Sagi, L. (1998) Production of transgenic banana plants expressing antifungal proteins. Acta Hort. 490:433-436.
- Sagi, L., Panis, B., Remy, S., Schoofs, H., De Smet, K., Swennen, R. and Cammue, B.P. (1995) Genetic transformation of banana and plantain (*Musa*.) via particle bombardment. Biotechnology 13:481-485.
- Stover, R.H. and Simmonds, N.W. (1987). Bananas. Longman, Essex, 468 pp.
- Swennen, R. and Rosales, F.E. 1994. Bananas, p. 215-232. In: Encyclopedia of Agricultural Sciences, Vol. I, Arntzen, C.J. (Ed.) Academic Press, Inc. New York.
- Wesseling, C., Keifer, M., Ahlbom, A., McConnell, R., Moon, J.D., Rosenstock, L. and Hogstedt, C. (2002) Long-term neurobehavioral effects of mild poisonings with organophosphate and n-methyl carbamate pesticides among banana workers. International Journal Occupation and Environmental Health 8:27-34.
- Yang, I.C., Iommarini, J.P., Becker, D.K., Hafner, G.J., Dale, J.L. and Harding, R.M. (2003) A promoter derived from taro bacilliform badnavirus drives strong expression in transgenic banana and tobacco plants. Plant Cell Reports 21:1199-1206.

LOS FITONEMATODOS DEL BANANO (*Musa* AAA SUBGRUPO CAVENDISH CULTIVARES GRANDE NAINÉ, VALERY Y WILLIAMS) SU PARASITISMO Y COMBATE

M. Araya¹.

ABSTRACT

The banana (*Musa* aaa cavendish subgroup cultivars grande naine, valery and willimas) phytonematodes, their parasitism and control

In commercial Latin American plantations a mixture of the migratory endoparasitic *Radopholus similis* and *Pratylenchus coffeae*, the ecto-endoparasitic *Helicotylenchus multicinctus*, and the sedentary endoparasitic *Meloidogyne incognita* and rarely *M. javanica* are found. The 3 commercial cultivars, Grande Naine, Valery and Williams, are equally susceptible to those nematodes. The damage is located in the root and in the case of *R. similis* it can be found in the corm tissue also. *Radopholus similis* enters the root mainly by the root tip, but any portion of the entire root length may be invaded. Adults and juveniles occupy an intercellular position in the cortical parenchyma, in which they move actively, causing damage as they feed on the cytoplasm of the surrounding cells. The 4 nematode genera develop and complete their life cycle inside the banana roots. In highly infected roots, *R. similis* sometimes crosses the endodermis and invades the stele. Reddish brown lesions appear throughout the cortex. Crop losses in nematode infested plantations can be high, up to 30-50%. Infected plants have poor root anchorage and the ability of the root system to take up water and nutrients is reduced, which results in loss of bunch weight and crop longevity, and lengthening of the plant production cycle. All the phenological banana plant stages can be infected by any of the 4 genera, but again, *R. similis* is the most frequent and the most abundant in any stage. Even the roots of very small peepers (10 cm high) can be infected, and in the case of *R. similis*, it is common to find nematodes in the corm tissue also. Nematode resistance, biocontrol agents, and cultural practices appear to offer a more environmental solution to nematode damage, in comparison to the measures normally used, but the research carried out until now does not support its use. To avoid or reduce nematode damage, the only alternative management strategy, currently available, is the regular application of non-fumigant nematicides, from which growers know that it is economically feasible. However, economical and environmental constraints dictate rational use at minimum dosages. Their use results in nematode population reduction, increase of the total root weight and of the functional root proportion. These products avoid the decrease of the number of effective production units per area, increase the ratio (number of exported boxes per bunch), ratooning (number of bunches harvested per production unit per year) and bunch weight between 15 and 40%. The recommendation of nematicide application is based on the development of the nematode populations which is monitored monthly. Parameters like total and functional root weight and nematode numbers are estimated. The selection of the nematicide is based on forecasted precipitation, root weight content, nematode numbers, anticipated potential nematicide biodegradation and product rotation history.

Key words: *Helicotylenchus multicinctus*, *Meloidogyne incognita*, nematodes, nematicides, *Pratylenchus coffeae*, *Radopholus similis*, roots.

RESUMEN

En plantaciones comerciales de Latinoamérica usualmente solo comunidades poliespecíficas ocurren, consistiendo de una mezcla de los endoparásitos migratorios *Radopholus similis* y *Pratylenchus coffeae*, el ecto-endoparásito *Helicotylenchus multicinctus* y el endoparásito sedentario *Meloidogyne incognita* y raramente *M. javanica*. Los 3 cultivares comerciales Grande Naine, Valery y Williams, son igualmente susceptibles a estos nematodos. El daño se localiza en las raíces y en el caso de *R. similis* también puede encontrarse en el cormo. *Radopholus similis* penetra las raíces principalmente por la parte terminal (caliptra), pero cualquier parte de la raíz puede ser invadida. Adultos y juveniles ocupan una posición intercelular en el parénquima cortical donde ellos se mueven activamente causando daño conforme se alimentan del citoplasma de las células vecinas. Los 4 géneros de nematodos se desarrollan y completan su ciclo de vida dentro de las raíces de banano. En raíces altamente infectadas, *R. similis* algunas veces pasa la endodermis e invade el cilindro vascular. Coloraciones café rojizas aparecen a través de toda la corteza. En plantaciones infestadas las pérdidas en rendimiento alcanzan hasta un 30-50%. Plantas infectadas carecen de buen anclaje y la habilidad de las raíces para absorber agua y nutrientes se reduce, lo que resulta en pérdida de peso del racimo y longevidad de la planta y

¹ Corporación Bananera Nacional (CORBANA S.A.) Apdo 390, 7210 Guápiles. Costa Rica
Email: maaraya@corbana.co.cr

se alarga los intervalos entre ciclos de producción. Todos los estados fenológicos de la planta de banano pueden ser infectados por cualquiera de los 4 géneros, pero nuevamente *R. similis* es el más frecuente y abundante en cualquier estado de desarrollo de la planta. Aún raíces de hijos muy pequeños (10 cm de altura) pueden ser infectadas y en el caso de *R. similis* es común también encontrarlo en el cormo. El uso de plantas resistentes, agentes de control biológico y prácticas culturales son alternativas para el manejo de nematodos mas beneficiosas para el ambiente en comparación con las que normalmente se ultizan, pero la investigación disponible no sustenta su uso. La única alternativa de manejo disponible que los productores reconocen como económicamente factible para prevenir y reducir el daño de nematodos es la aplicación regular de nematicidas no fumigantes. Sin embargo, restricciones económicas y ambientales incitan un uso racional a las dosis mínimas efectivas. Su uso reduce las poblaciones de nematodos, incrementa el peso de raíz total y la proporción de raíz funcional. La aplicación de nematicida disminuye la pérdida de unidades de producción efectivas por área, incrementa la relación del número de cajas exportados por racimo (ratio), el retorno (número de racimos cosechas por unidad de producción por año) y el peso del racimo entre 15 y 40%. La recomendación de aplicar nematicida se basa en el desarrollo de la población de nematodos la cual es monitoreada mensualmente. Parametros como el peso de raíz total y funcional y el número de nematodos son estimados. La selección del nematicida se basa en las estadísticas y pronósticos de precipitación, contenido de raíces, número de nematodos, potencial de biodegradación del producto y el histórico de uso de nematicidas.

Palabras clave: *Helicotylenchus multicinctus*, *Meloidogyne incognita*, nematodos, nematicidas, *Pratylenchus coffeae*, *Radopholus similis*, raíces.

INTRODUCCIÓN

En *Musa* spp. se reportan 146 especies de nematodos parásitos o asociados al cultivo, distribuidos en 43 géneros (Gowen y Quénéhervé, 1990). Los fitonematodos más devastadores y ampliamente distribuidos son los endoparásitos migratorios *Radopholus similis* y *Pratylenchus coffeae*, el ecto-endoparásito *Helicotylenchus multicinctus* y el endoparásito sedentario *Meloidogyne incognita*. Estos nematodos se convirtieron en el principal patógeno del sistema radical del banano consecuencia del cambio en el período de los 1950 a 1970 de Gros Michel susceptible a *Fusarium oxysporium* f. *cubense* (Mal de Panamá) por cultivares Cavendish, resistentes a la enfermedad, pero susceptibles a dichos nematodos (Blake, 1972; López, 1976; Tarté y Pinochet, 1981).

Susceptibilidad de los cultivares comerciales de *musa* aaa a los nematodos

Los cultivares Grande Naine, Valery y Williams del Subgrupo Cavendish son los que se cultivan para exportación. Dichos cultivares son igualmente susceptibles a *R. similis* (Figura 1), *Helicotylenchus multicinctus*, *H. dyhisteria*, *Meloidogyne incognita*, *M. javania* y *Pratylenchus coffeae*. Esta susceptibilidad es congruente con lo encontrado en plantas inoculadas con *R. similis* (Moens et al. 2003) y con los otros nematodos (Araya et al., 2003) en maceteros. Oros investigadores han reportado resultados similares inoculando *R. similis* (Viaene et al. 2003; 2000; Stoffelen et al. 2000), *M. incognita* (Van den Bergh et al. 2002a; 2002b; Pinochet et al. 1998), *P. coffeae* (Van den Bergh et al. 2002a; Stoffelen et al. 2000; Viaene et al. 2000; Stoffelen et al. 1999; Viaene et al. 1998) y *H. multicintus* (Barekye et al. 2000) en otros cultivares del Subgrupo Cavendish.

Crecimiento de las poblaciones de nematodos según la altura y estado fenológico de las plantas

En plantaciones uniformemente infestadas de nematodos, el número de *R. similis* por 100 g de raíces funcionales es similar tanto en hijos muy pequeños con solo 10 cm de altura como en plantas recién cosechadas (Figura 2). La población mínima de *R. similis* encontrada superó los 14,000 nematodos per 100 g de raíces.

Con excepción de dos experimentos, las poblaciones de *Helicotylenchus* spp. fueron bajas. En el experimento I la población varió con la altura de los hijos encontrándose la máxima en hijos de 340-350 cm altura, mientras en el experimento IV las poblaciones aumentaron hasta la floración de las plantas (Figura 3).

Cuando plantas individuales fueron muestreadas progresivamente (floración, cosecha y a los 30, 60 y 90 días después de la cosecha), el número de *R. similis* decreció conforme crecieron y se envejecieron las plantas. La mínima población se observó siempre a los 90 días después de la cosecha (Figura 4). Sin embargo, las cantidades de nematodos aun presentes son fuente de inóculo para los otros miembros de la unidad de producción.

Patogenicidad y síntomas de *Radopholus similis*

Moens *et al.* (2003) inoculando densidades de *R. similis* entre 0,14 (254) y 2,24 (4.128) individuos por ml de sustrato en maceteros de 1,8 L, encontraron un efecto lineal decreciente en el peso de las raíces (Figura 5). Por cada 1.000 nematodos inoculados se redujo el peso en 3,9 g (16%). Sarah *et al.* (1993), trabajando con poblaciones de *R. similis* de diferentes partes del mundo, citan una reducción en peso de raíces del 19 al 80% en plantas de Valery inoculadas con 300 nematodos en maceteros de 0,8 L y expuestas durante 8 semanas. Marin *et al.* (1999) inoculando plantas con 200 *R. similis* de diferentes países, en maceteros de 0,4 L, observaron después de 8 semanas de exposición, reducciones hasta de un 21% en peso de raíces. Hahn *et al.* (1996) cita disminuciones entre un 8 y un 26% en plantas de Valery 8 semanas después de inoculadas con 100 *R. similis* en maceteros de 0,8 L y hasta un 30% en plantas inoculadas con 300 *R. similis* y expuestas por 12 semanas. Fallas *et al.* (1995), reportan reducciones en peso de raíces de 11 a 53% en plantas de Valery inoculadas con 100 *R. similis* en maceteros de 0,8 L y expuestas por 12 semanas.

Fogain y Gowen (1995) encontraron que 6 semanas después de inocular Grande Naine con 300 *R. similis* en maceteros de 1 L la necrosis en las raíces varió de 3,1 a 12,3%. Fogain *et al.* (1996) inoculando 1.000 *R. similis* en hijos de sucesión de cultivares de plátano cultivados en maceteros de 10 L registraron altos índices de daño de raíces. Moens *et al.* (2001) encontraron en muestras de plantaciones comerciales de banano correlaciones significativas entre *R. similis* y la necrosis ($r = 0.62$) y daño ($r = 0.75$).

En plantas de Giant Cavendish inoculadas con 1.000, 2.000, 3.000 y 4.000 *R. similis*, Davide y Marasigan (1985) encontraron reducciones de 17, 42, 51 y 61% en peso del racimo, respectivamente. Plantas de Grande Naine inoculadas en maceteros de 1,8 L con 1.000 ± 47 *R. similis* y transplantadas a las 3 semanas a recipientes de 200 L conteniendo suelo esterilizado mostraron una reducción de 3,6 kg (66%) en peso de raíces (Figura 6A), de 6,4 kg (27%) en peso del racimo (Figura 7A) y de 1,1 (13%) mano (Figura 7B) y el daño (Figura 6A) en las raíces se incrementó en un 262% comparado con las plantas sin inocular que contenían 12.936 *R. similis* (Figura 6B) por 100 de raíces (Moens y Araya, 2002).

Las lesiones que causa *R. similis* en las raíces y cormo son de color púrpura y rojizas al principio y luego se tornan café oscuras y negras (Sarah, 2000). Cortes longitudinales de las raíces, especialmente las más gruesas, muestran que la lesión está primero circunscrita a la epidermis o corteza. Conforme crece la población de nematodos, la lesión avanza al parénquima cortical y en ataques severos hongos y bacterias invaden el tejido, dañándose el cilindro vascular, de donde algunos nematodos pueden ser extraídos. En infecciones tempranas, raíces sin síntomas de daño por el nematodo, pueden contener muchos nematodos. En presencia de excesos de humedad prolongados, el daño inducido en las raíces puede confundirse con el provocado por los nematodos.

Patogenicidad y síntomas de *Meloidogyne incognita*

Según Coosemans *et al.* (1994) aún en plantas muy jóvenes, durante su desarrollo en condiciones *in vitro*, *M. incognita* puede penetrar las raíces y causar daño. En experimentos de maceteros con 22 genotipos de banano de Vietnã, el peso fresco de las raíces se incrementó significativamente en 2 de 3 experimentos en plantas inoculadas con niveles de 500 a 4.000 *Meloidogyne* spp. (Van den Bergh *et al.* 2002a). Jonathan y Rajendran (2000a) inoculando cantidades crecientes de 0 a 10.000 nematodos en maceteros con capacidad para 105 kg de suelo encontraron una reducción significativa en el peso del sistema radical con el máximo número de nematodos inoculados. Por el contrario, Adiko (1989) no observó efectos negativos en el crecimiento de plantas de *Musa* AAB inoculadas con *M. incognita* en maceteros de 10 L en Costa de Marfil.

En Malaysia, Razak (1994) reporta racimos pequeños y cese del crecimiento en plantas de Pisang Nangka y Pisang Mas infectadas por *M. incognita*. Efectos similares en el crecimiento de las plantas han sido reportados en India (Patel *et al.* 1996) donde adicionalmente se observó demora en la floración de las plantas. Van den Bergh *et al.* (2000) menciona que *Meloidogyne* spp. tiene efectos negativos en las características de los racimos de los bananos que se cultivan en Vietnã. Altas poblaciones de *Meloidogyne* spp. hasta de 66.000 por 100 g de raíces se han encontrado en plantaciones comerciales establecidas con material *in vitro* de Grande Naine en Cameroon (Fogain, 1994).

En plantas Giant Cavendish inoculadas con 1.000, 10.000 y 20.000 *M. incognita*, se encontró una reducción del 26, 45 y 57%, respectivamente en peso del racimo (Davide y Marasigan, 1985). Mones y Araya (2002) en plantas de Grande Naine inoculadas con 1.000 ± 42 *M. incognita* y desarrolladas hasta cosecha en recipientes

plásticos de 200 L de capacidad encontraron una reducción en peso del racimo de 7,5 kg (32%) (Figura 7A). En dichas plantas la reducción de 0,5 kg (9%) en el peso de raíces (Figura 6A) no fue significativo y el daño de raíces (Figura 6A) a pesar que se incrementó en un 49% no alcanzó a ser significativo. Estas reducciones en rendimiento son congruentes con los resultados de Jonathan y Rajendran (2000b) quienes reportan un 31% de aumento en rendimiento con la aplicación de nematicida en plantaciones infectadas con dicho nematodo.

Deformación, bifurcación y abultamientos en las raíces primarias y secundarias son los síntomas más comunes que induce dicho nematodo en banano y concuerdan con lo observado por De Waele (2000), De Waele y Davide (1998), Tarté y Pinochet (1981), Pinochet (1977) y Sikora y Schlosser (1973). En las raíces infectadas es raro encontrar raíces finas. En algunas ocasiones es posible observar agallas en la parte terminal de las raíces delgadas y finas.

Patogenicidad y síntomas de *Pratylenchus coffeae*

Van den Bergh *et al.* (2002a) observó reducción en el peso fresco de las raíces en tres experimentos conducidos con 24 genotipos de banano de Vietnam que fueron inoculados con 1.000 *P. coffeae*. Según Bridge *et al.* (1997), Rodriguez (1990), Tarté (1980) y Pinochet (1978) *Pratylenchus* spp. daña las raíces del banano y reduce el rendimiento. En el experimento desarrollado por Moens y Araya (2002) en recipientes de 200 L conteniendo plantas inoculadas con 1.000 ± 55 *P. coffeae* (Figuras 6A-B y 7A-B) a pesar que el peso de raíces decreció en 0,58 kg (10,6%) la diferencia no alcanzó a ser significativa. Sin embargo, el daño en las raíces aumentó significativamente en un 129% y el peso del racimo disminuyó significativamente en 5,6 kg (24%).

Los síntomas que induce el ataque de *P. coffeae* son muy similares a los causados por *R. similis* y están acorde con los descritos por Gowen (2000a), Bridge *et al.* (1997) y Pinochet (1978). Lo común es observar en las raíces coloraciones pardo rojizas, púrpura o necrosis de la epidermis que en casos avanzados alcanza el parénquima cortical.

Patogenicidad y síntomas de *Helicotylenchus multicinctus*

Helicotylenchus multicinctus y *H. dihystra* (Davide, 1996; McSorley y Parrado, 1986; Chau *et al.* 1997; Mani y Al Hinai, 1996) dañan el sistema radical del banano y reducen la producción entre 19 (Speijer y Fogain, 1999) y 34% (Reddy, 1994). Existen resultados contradictorios sobre el efecto de *H. multicinctus* en plantas cultivadas en maceteros. Barekye *et al.* (1999) en algunas ocasiones encontraron reducción en el peso de raíces cuando compararon plantas inoculadas y sin inocular con *H. multicinctus*. En Uganda, se reporta una reducción no significativa en el peso de raíces en *Musa* AAA-EA cultivar Kisansa inoculado con 1.000 *H. multicinctus* (Barekye *et al.* 2000). En invernadero se ha observado reducción en el peso de raíces en plantas de *Musa* AAA cv. Grande Naine inoculadas con 515 *H. multicinctus*.

En Florida, *H. multicinctus* puede causar daños severos en las raíces provocando la caída de plantas fructificadas (Gowen, 1995; McSorley, 1986). Según McSorley y Parrado (1986) este nematodo es más importante en plantaciones bajo condiciones subtropicales. En Líbano *H. multicinctus* está considerado como el fitonematodo más importante del banano (Sikora y Schlosser, 1973) y los mismos autores estiman que junto con *M. incognita* son los responsables del deterioro de su sistema radical.

En el experimento conducido en recipientes de 200 L conteniendo suelo esterilizado y cultivado con plantas de Grande Naine inoculadas con 1.000 ± 50 *H. multicinctus* se observó que a pesar que el sistema radical (Figura 6A) disminuyó en 0,42 kg (7,6%) y el peso del racimo (Figura 7A) en 0,42kg (7,6%), las diferencias no fueron significativas. El daño en las raíces aumentó no significativamente en un 19% (Figura 6A). En Israel se reportan incrementos del 18% en el peso del racimo contralando dicho nematodo con nematicida (Minz *et al.* 1960).

Según McSorley (1986) y Gowen (2000b) en plantas infectadas por dicho nematodo las raíces terciarias aparecen necróticas y se desprenden fácilmente al tratar de manipularlas. En las raíces secundarias y primarias se observan puntos de color oscuro, cafés o negros que cuando coalescen forman pequeñas lesiones longitudinales. Estas lesiones se circunscriben a la epidermis.

Efectos en producción

Evaluaciones precisas de los efectos de los nematodos en la producción de banano son escasas, pero algunas estimaciones aparecen en la literatura como se aprecia en el cuadro 1. Dependiendo del cultivar y del tipo de suelo, las pérdidas pueden alcanzar hasta el 100%. El efecto es gradual y acumulativo, debilitando la unidad de producción, la cual pierde vigor, longevidad y dependiendo de las condiciones de la plantación en 3 o 4 generaciones los racimos que se producen difícilmente llegan a satisfacer los requerimientos de exportación.

Anteriormente, en ausencia del apuntalamiento de las plantas fructificadas, el daño provocado por los nematodos se estimaba indirectamente, a través del número de plantas caídas por área. Al respecto, Gowen (1979, 1991) encontró un mayor número de plantas caídas en áreas infestadas sin aplicación de nematicida en comparación con áreas tratadas (Cuadro 2). Sarah *et al.* (1996) reporta pérdidas entre 12 y 18% para Costa Rica, Panamá, Colombia y Ecuador resultado de la caída de plantas. En Australia Pattison *et al.* (1999) observó hasta un 25% de plantas fructificadas caídas en áreas infestadas sin tratar comparado con menos de un 5% en las áreas aplicadas con nematicida.

Combate

Una vez que el problema de nematodos aparece, lo más sensato es que los productores aprendan a convivir con ellos. El daño se agudiza en el monocultivo, principalmente en los perennes, que favorece el desarrollo y evolución de grandes poblaciones de fitonematodos que reducen considerablemente el rendimiento del cultivo.

Por las características tan particulares que se dan en el monocultivo perenne de banano, muchas prácticas de combate de nematodos comúnmente usadas en cultivos de ciclo corto no son aplicables. La combinación de diferentes métodos de combate y manejo de nematodos parece ser un enfoque más atractivo y efectivo. Sin embargo, es preciso tener presente que ningún método individual o la combinación de varios erradica los nematodos.

La meta debería ser mantener la población de nematodos tan baja como sea posible o al menos en el umbral económico, que se define como el número de nematodos a la cual las pérdidas provocadas en producción igualan el costo de su control (Headley, 1972; Ferris, 1978; Ferris y Noling, 1987). Como es una relación económica dicho umbral varía según las condiciones particulares de cada finca.

Combate biológico

En los últimos años mucha investigación se ha orientado a buscar alternativas biológicas para el control de nematodos en banano. Sin embargo, por lo infructuoso de dichos esfuerzos en banano, existen muy pocas referencias al respecto. En CORBANA, se han evaluado algunos hongos y bacterias sin observar ningún potencial.

Aunado al enfoque biológico se han hecho esfuerzos evaluando extractos de diferentes plantas (*Lonchocarpus* spp., *Derris* spp., *Carapa guianensis*, *Ruta graveolens*, *Copaifera reticulata*, *Artemisia dracunculifolia*, *Thymus vulgaris*, *Ocinun basilicum*, etc sin mostrar ningún control. También se ha trabajado con fuentes y dosis de materias orgánicas que igualmente han carecido de control, probablemente porque los experimentos se han desarrollado en suelos de alta fertilidad y por cortos períodos de tiempo (2 años).

La dificultad en desarrollar éste tipo de control se da porque los nematodos que se quieren controlar viven y se reproducen dentro de las raíces del banano. De esta forma se previene el contacto entre el nematodo y el agente de control o las sustancias tóxicas que se produzcan.

Resistencia genética

Es una alternativa que se empezó a investigar hace más de 25 años y en la cual existe literatura disponible. En los programas actuales de mejoramiento el objetivo es la selección de materiales resistentes a la Sigatoka negra con alta producción y buenas características del fruto post cosecha. Sin embargo, algunos programas han incorporado la búsqueda de materiales resistentes a nematodos, especialmente a *R. similis*.

Este es el caso de la FHIA en Honduras, donde a diferentes híbridos de FHIA se les ha incorporado el diploide mejorado SH-3142 (Pinochet y Rowe, 1979) de Pisang Jari Buaya (*Musa* AA) obteniendo cierta resistencia (Viaene *et al.*, 2003, 2000; Wehunt *et al.*, 1978). No obstante, dichos híbridos no se cultivan comercialmente para exportación porque los frutos que producen, no satisfacen los requerimientos de los consumidores. Grandes áreas sembradas con FHIA se encuentran en Cuba donde la producción se destina a consumo local.

Otra fuente potencial de resistencia a *R. similis* son el Kunnan y Paka (*Musa* AA sección Eumusa) (Collingborn y Gowen, 1997), y el Fe'l variedad Menei y Rimina (sección Australimusa) (Stoffelen *et al.*, 1999). Aún cuando estas fuentes de resistencia sean identificadas, aisladas e incorporadas en los cultivares comerciales, el problema de nematodos no se resolvería dado que lo frecuente es encontrar 2, 3 y 4 géneros de nematodos

parasitando al mismo tiempo las plantas. De manera que los nematodos a los cuales los híbridos no son resistentes, podrían reproducirse y sus poblaciones llegar a causar pérdidas en rendimiento. Adicionalmente, existen diferencias en agresividad de poblaciones de *R. similis* (Marin *et al.*, 1999, Fallas *et al.* 1995, Sarah *et al.* 1993). Por tanto, la resistencia a nematodos debe evaluarse más ampliamente, considerando diferentes poblaciones de *R. similis* y los otros fitonemátodos del cultivo.

Se conoce que Yangambi km5 presenta resistencia a *R. similis* (Sarah *et al.*, 1992; Price, 1994) y *P. coffeae* (Viaene *et al.*, 1998), pero sus progenies producen hojas anormales y racimos erectos o semi-erectos (Stoffelen *et al.*, 1999) lo que ha limitado su uso. Otra fuente de resistencia a estos 2 nematodos es *Musa acuminata* spp. *burmannicoides* 'Calcutta 4' (Viaene *et al.*, 2000), la cual está siendo utilizada en el programa de mejoramiento del IITA (Swennen y Vuylsteke, 1993; Tenkouano *et al.* 2003).

Combate químico

A la fecha es la única práctica que el productor acepta, reconociendo que es efectiva y económicamente factible. La aplicación de nematicida, complementa la práctica de apuntalamiento de las plantas y el buen drenaje. En circunstancias en que los nematodos sean la plaga clave y el deficiente drenaje el factor limitante, es indispensable primero corregir los problemas de humedad para que las aplicaciones de nematicida sean efectivas.

Se usan productos no fumigantes, organofosforados y carbamatos, aprobados por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos y el Codex Alimentarius Commission (CAC) de las Naciones Unidas. Con la excepción de Cadusafos (Rugby) y algunas veces Oxamyl (Vydate) que los usan a 2 y 2,4 g i.a. por punto de aplicación, respectivamente, Ethoprofos (Mocap), Fenamiphos (Nemacur), Terbufos (Counter), Oxamyl (Vydate) y el Carbofuran (Furadan) se usan a 3 g i.a.

Las aplicaciones de nematicida reducen las poblaciones de nematodos (Cubillos *et al.* 1980; Broadley, 1979; Araya y Cheves, 1997a, 1997b), mejoran la sanidad del sistema radical y aumentan el peso de los racimos (Moens *et al.* 2004, Araya y Lakhi, 2004, Stanton y Pattison, 2000; Araya y Cheves, 1997a, 1997b; Quénéhervé *et al.* 1991, Sarah, 1989; Villacís *et al.* 1975). La recomendación se basa en el desarrollo de las poblaciones de nematodos a través de los monitoreos mensuales. Los contenidos de raíz total y funcional, el porcentaje de raíz funcional y el número de nematodos son estimados. La selección del nematicida considera las estadísticas y pronósticos de precipitación, contenidos de raíces y nematodos, potencial de biodegradación del producto a aplicar y el historial del uso de nematicidas.

Figura 1. Número de *Radopholus similis* por 100 g de raíz funcional en *Musa* AAA subgroup Cavendish cvs. Valery, Grande Naine y Williams. Cada barra es la media $\pm$ el error estándar de 250 muestras. Cada muestra proviene de las raíces de 5 plantas

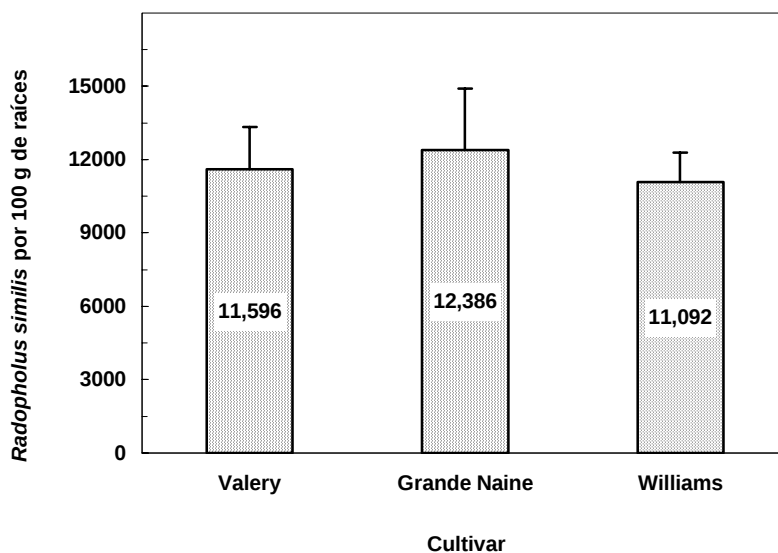
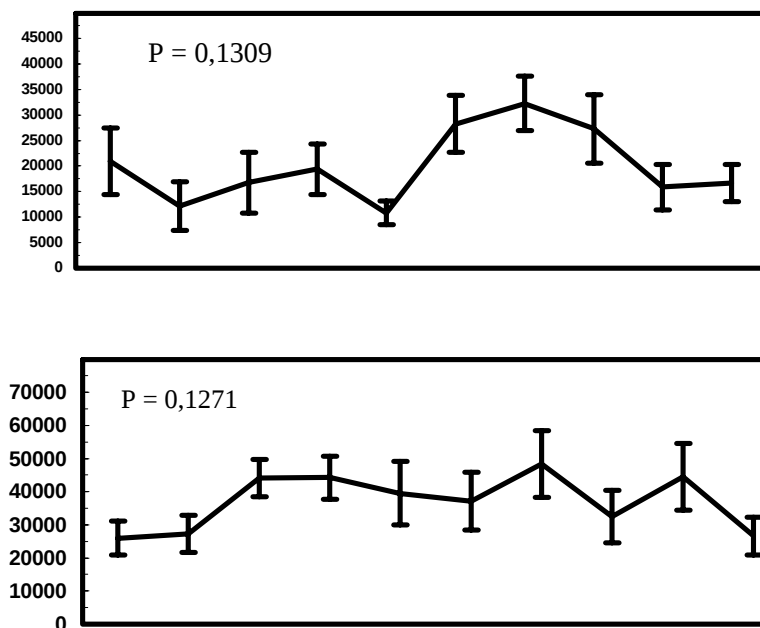
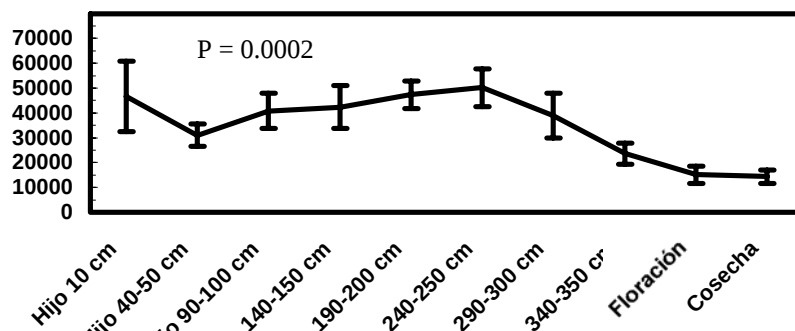
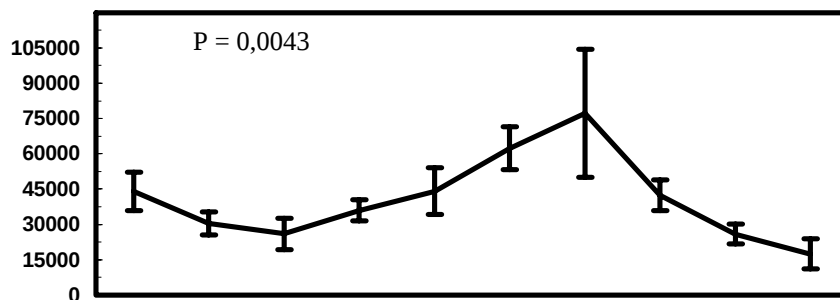
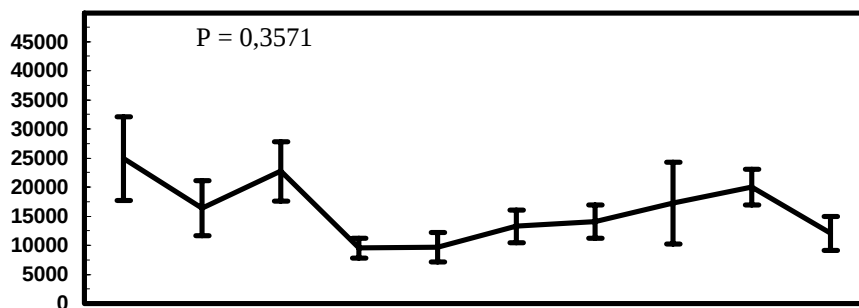


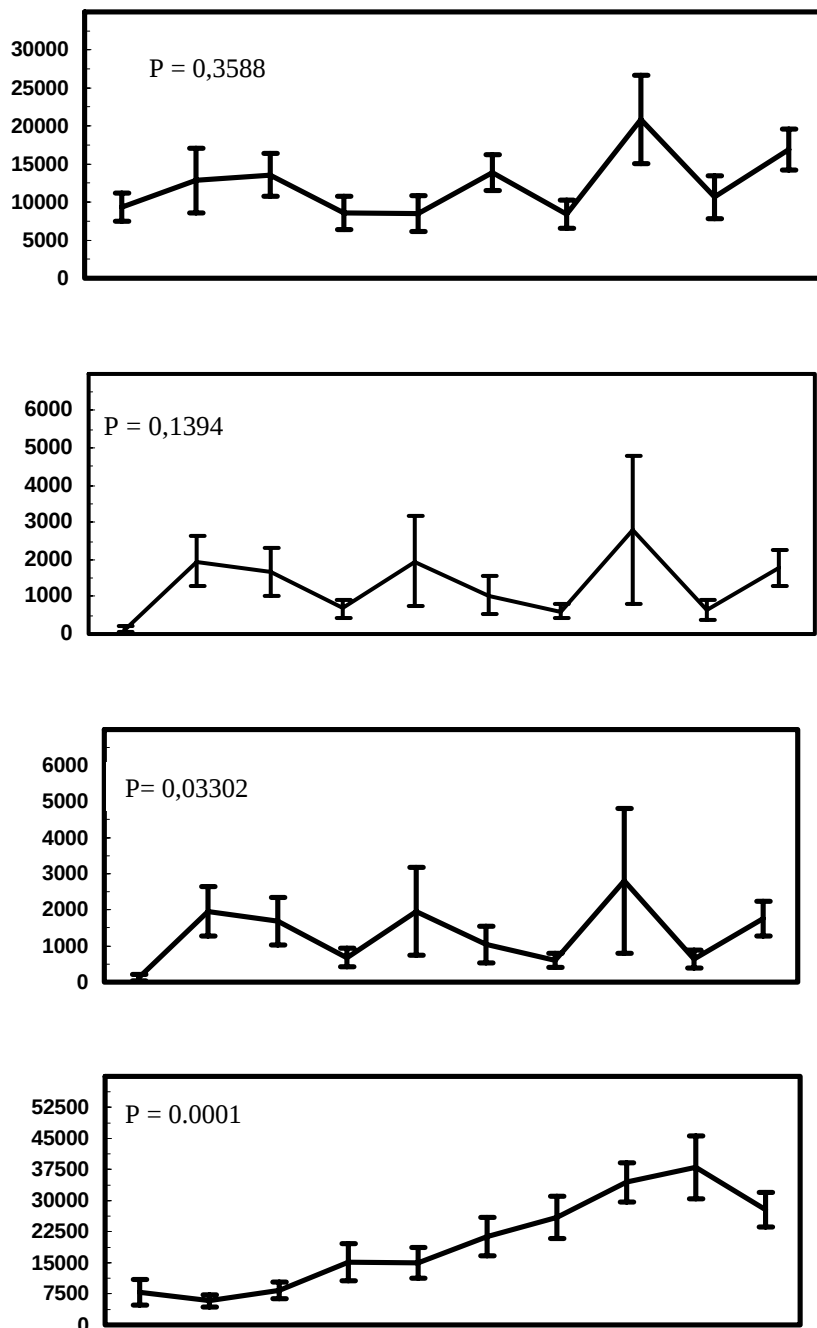
Figura 2. Número de *Radopholus similis* según la altura (cm) del hijo o estado fenológico de las plantas de banano (*Musa* AAA cv. Grande Naine). Cada punto es la media $\pm$ error estándar de 15 muestras. Todas las muestras fueron tomadas en 3 días. Cada muestra procede las raíces de 5 plantas.





Altura de hijo (cm) y estado fenológico

Figura 3. Número de *Helicotylenchus* spp. según la altura (cm) del hijo o estado fenológico de las plantas de banano (*Musa* AAA cv. Grande Naine). Cada punto es la media $\pm$ error estándar de 15 muestras. Todas las muestras fueron tomadas en 3 días. Cada muestra procede las raíces de 5 plantas.



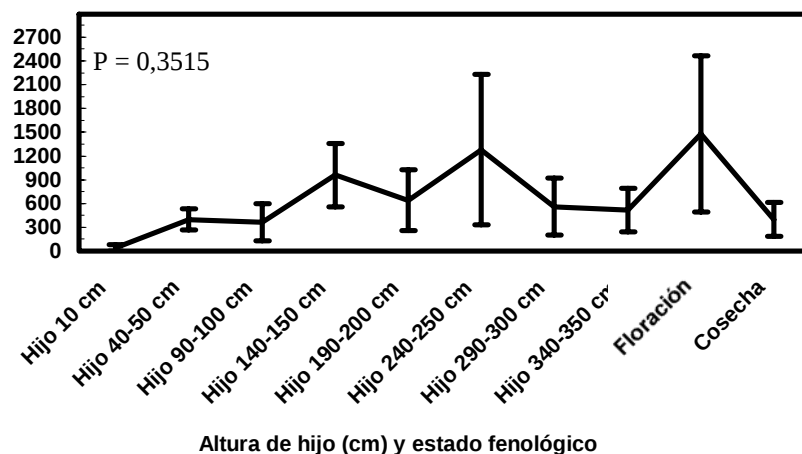
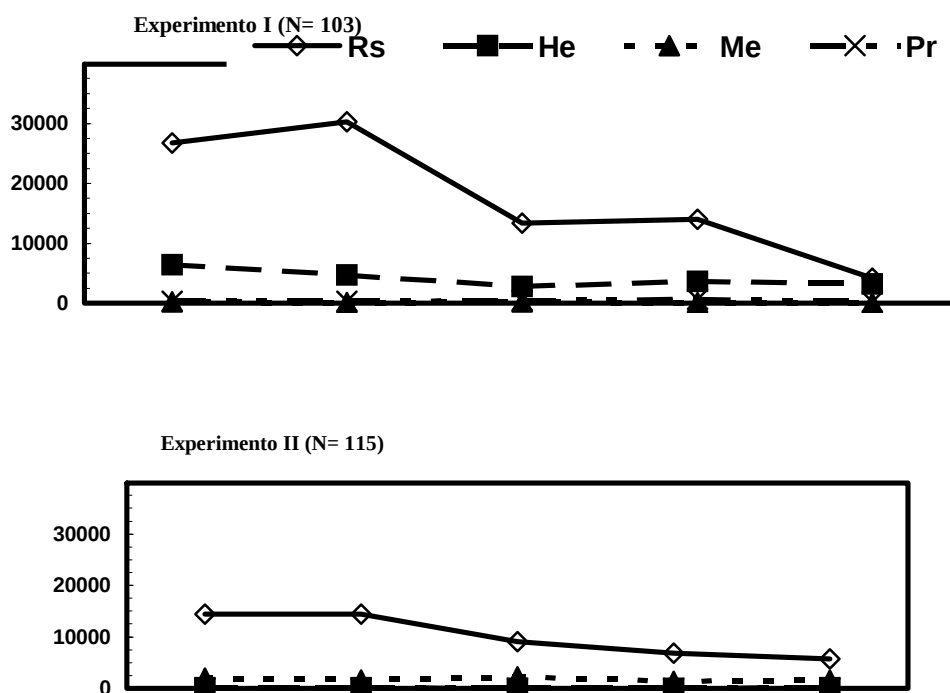


Figura 4. Número de nematodos en plantas individuales muestreadas progresivamente 5 veces (floración, cosecha, 30, 60 y 90 días después de la cosecha). Rs = *Radopholus similis*, He= *Helicotylenchus* spp., Me = *Meloidogyne* spp. y Pr = *Pratylenchus* spp.



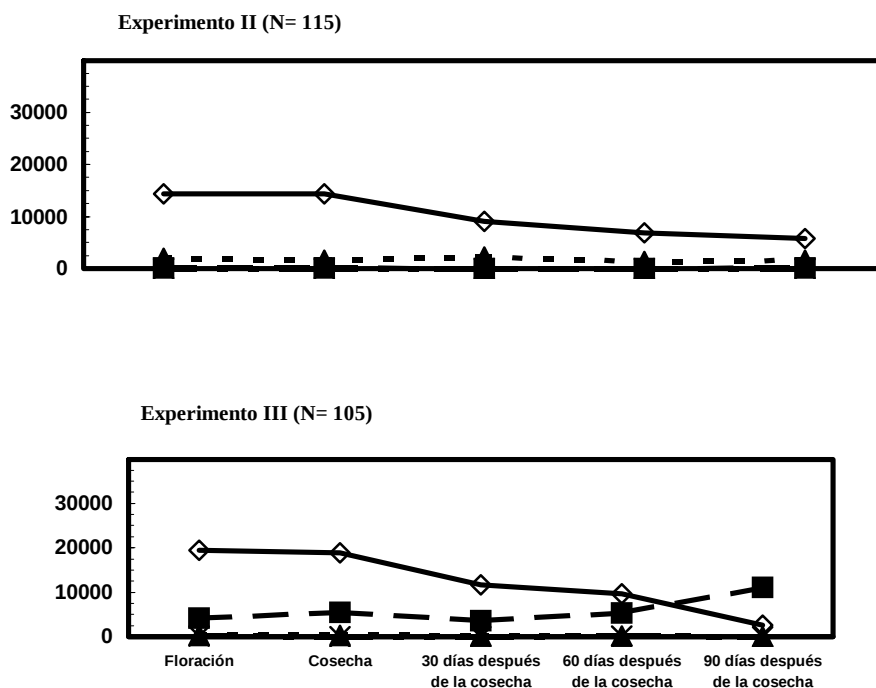


Figura 5. Efecto de la densidad inicial inoculada (*Radopholus similis* / ml sustrato) sobre el peso fresco de raíces de *Musa* AAA cv. Grande Naine. Cada punto es la media $\pm$ el error estándar de 12 repeticiones durante 8 semanas de exposición.

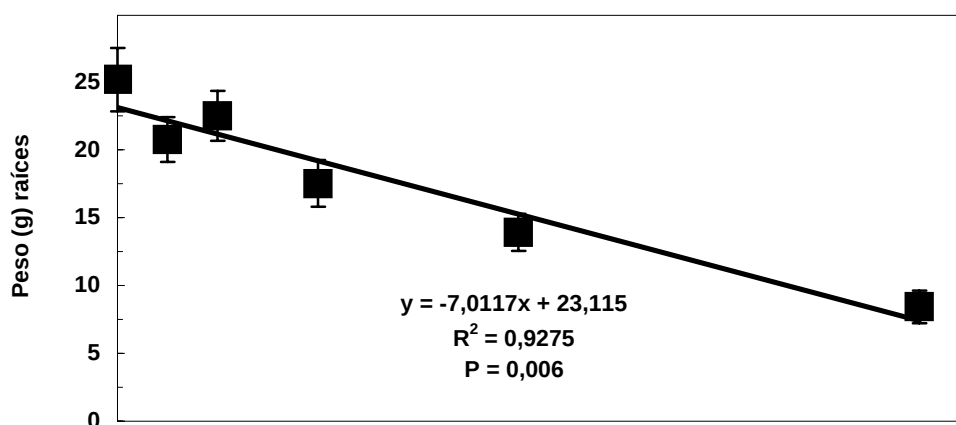


Figura 6. Peso (g) fresco y daño (0-10) de raíces a la cosecha de plantas de *Musa* AAA cv. Grande Naine inoculadas con 1.000 nematodos o sin inocular y cultivadas en recipientes de 200 L. Cada barra es la media $\pm$ error estándar de 10 observaciones.

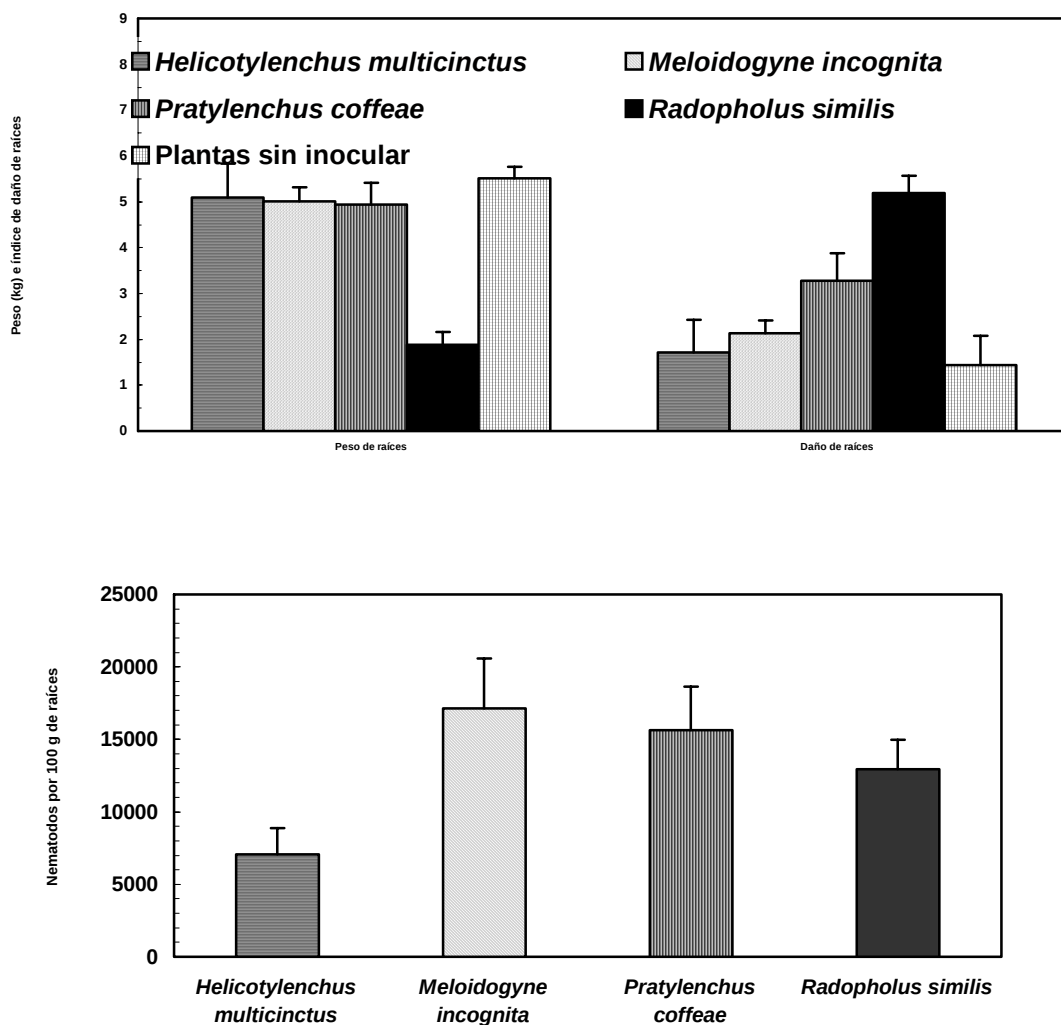
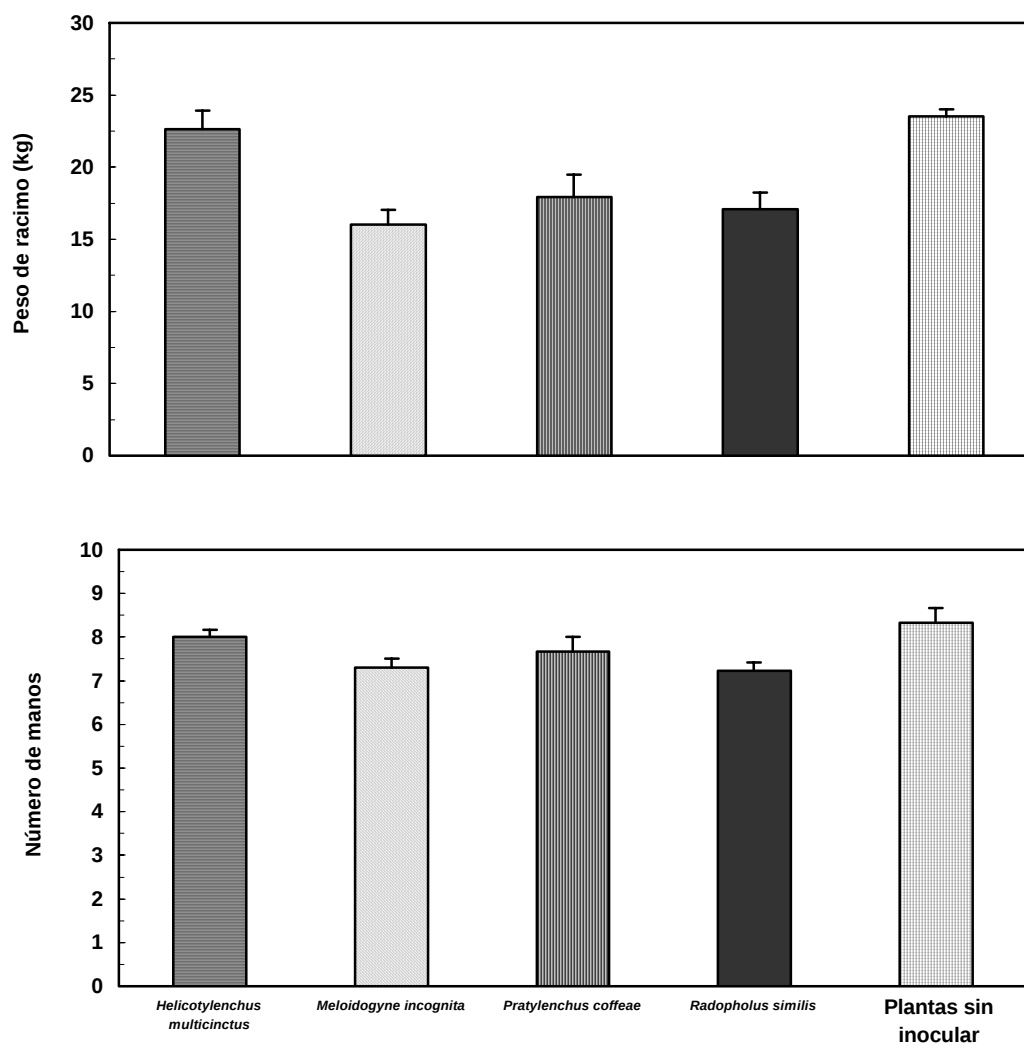


Figura 7. Peso (kg) del racimo a la cosecha (90 días de emitida la inflorescencia) de plantas de *Musa* AAA cv. Grande Naine inoculadas con 1.000 nematodos o sin inocular y cultivadas en recipientes de 200 L. Cada barra es la media $\pm$ error estándar de 10 observaciones.



Cuadro 1. Estimación de pérdidas causadas por *Radopholus similis* en banano (*Musa* AAA)

Referencia	País	Pérdida en rendimiento
Maas citado por Orton y Siddiqi, 1973	Surinan	Redujo la producción en 43 ton/ha/año
Wehunt y Edwards citados por Orton y Siddiqi, 1973	Centro América	Parcelas libres de nematodos produjeron hasta 19,0 ton/ha/año más que las infestadas.
O'bannon, 1977		Causa pérdidas de 12,5 ton/ha/año.
Mac Gowan, 1977		Suprime el rendimiento hasta un 50%
Rajendran <i>et al.</i> 1979	India	Dos mil o más <i>R. similis</i> /10 g raíz bajan drásticamente la producción.
Gómez, 1980	Colombia	Las disminuciones alcanzan rangos de 30-60% en 3 a 5 años de establecida la plantación.
Tarté y Pinochet, 1981		Reducciones en rendimientos fluctúan de 15-50% dependiendo de la severidad del ataque
Zem y Alves, 1981	Brasil	Pérdidas por <i>R. similis</i> de un 80-100% en <i>Musa</i> AAA cv Nanicao.
Zem y Alves, 1983	Brasil	<i>Radopholus similis</i> está reconocido como el principal patógeno de las raíces de banano.
	Filipinas	Altas densidades poblacionales de 4.000 larvas/planta de <i>R. similis</i> resultan en más de un 60% de reducción en rendimiento.
Davide, 1985	Filipinas	La industria bananera del grupo Cavendish no sobrevive comercialmente si no hay control de nematodos.
Davide, 1986	Puerto Rico	Pérdidas en rendimientos alcanzan hasta 12,5 o 18,0 ton/ha/año.
Román, 1986	México	Reducciones de 50% en rendimiento de fruta con incrementos de un 60% en caída prematura en un periodo de 3-4 años después de la siembra.
Román, 1986	Mundial	Pérdidas anuales promedio son de un 19,7% equivalente a \$178.049.979,00

Sasser y Freckman, 1987		Después de la Sigatoka Negra, las lesiones por nematodos y la posterior invasión por hongos y bacterias, constituye la más seria enfermedad de los cultivares Cavendish
Stover y Simmons, 1987	Costa Rica	
	Africa	En un área infestada con <i>R. similis</i> y <i>Helicotylenchus</i> spp. las pérdidas fueron de 6,2 ton/ha/año.
Figueroa, 1987	Costa de Marfil	Pérdidas en rendimientos varían de un 20-80%
Sarah, 1989		Bajo extremas condiciones donde los suelos son de baja fertilidad y erosionados las pérdidas acumuladas debido a la reducción en el peso de los racimos y caída de plantas pueden alcanzar un 75% en 3 ciclos de producción.
Sarah et al. 1996	Costa de Marfil	
	Camerún	En suelos orgánicos las pérdidas acumuladas son generalmente menores al 30%.
Sarah et al. 1996		En suelos volcánicos las pérdidas acumuladas son generalmente menores al 30%.
Sarah et al. 1996		

Cuadro 2. Producción (%) y número de plantas caídas en áreas infestadas de nematodos cony sin tratamiento nematicida. Adaptado de Gowen 1979, 1991.

País	Generación	Producción (%) con respecto al testigo	No de plantas caídas	
			Con nematicida	Sin nematicida
San Vicente	3	367	1	50
Ecuador	2	183	4	29
Santa Lucía	3	146	0	9
Jamaica	2	--	0 - 8	13
Jamaica	3	--	17 - 22	56
Costa de Marfil	3	376	100*	65*

*Porcentaje de plantas cosechas

Cuadro 3. Incremento en rendimiento producto de la aplicación de nematicidas en banano (*Musa AAA*) en diferentes países. Adaptado de Gowen y Quénéhervé, 1990.

País	Nematodo	% incremento
Panamá	Rs	86
Honduras	Rs	15
Costa Rica	Rs	132
Costa Rica	Rs	70 ¹
Costa Rica	Rs H spp. P spp.	26 ²
Costa Rica	Rs H spp.	20 ³
Ecuador	Rs	71
Ecuador	Rs	14 ⁴
Colombia	Rs	16 ⁵
Santa Lucía	Rs Hm Rr	46
San Vicente	Rs	267
Guadalupe	Rs Hm	30
Martinica	Rs Hm	29-35
Costa Marfil	Rs Hm	72
Costa Marfil	Rs Hm	16-57
Costa Marfil	Rs Hm	101-263
Costa Marfil	Rs Hm Pc	119-161
Camerún	Rs Hm Hp	30-40
Sudáfrica	Mel spp.	5
Sudáfrica	Rs	38
Malawi	Rs Hm Me spp.	6-49
Israel	Hm	18
Chipre	Hm Me spp. P spp.	30-40
Taiwan	Mj Mi	7-70
Australia	Rs	5-30
Africa Occidental	Rs	50 ⁶

Rs = *Radopholus similis*

Hm = *Helicotylenchus multicinctus*

Rr = *Rotylenchulus reniformis*

Me spp. = Especies de *Meloidogyne*

Mi = *Meloidogyne incognita*

Mj = *Meloidogyne javanica*

P. spp. = Especies de *Pratylenchus*

Hp = *Helicotylenchus pararobustus*

Pc = *Pratylenchus coffeae*

LITERATURA CITADA

- Adiko, A. 1989. Effect of *Meloidogyne incognita* on plantain, *Musa* AAB. International Nematology Network Newsletter 6(3):27-30.
- Araya, M. y Lakhi, A. 2004. Response to consecutive nematicide application using the same product in *Musa* AAA cv. Grande Naine originated from *in vitro* propagative material and cultivated on a virgin soil. Nematologia Brasileira.
- Araya, M.; Moens, T. y Calvo, C. 2003. Sección de nematología. Pp:66-111. Informe anual 2002. Corporación Bananera Nacional, Dirección de Investigaciones.
- Araya, M. y Cheves, A. 1997a. Comparación de tres diferentes formulaciones comerciales de terbufos en el combate de nematodos, la recuperación del sistema radicular y en el rendimiento del banano (*Musa* AAA). Corbana 22(48):9-22.
- Araya, M. y Cheves, A. 1997b. Efecto de cuatro nematicidas sobre el control de nematodos en banano (*Musa* AAA). Corbana 22(47):35-48.
- Barekye, A.; Kashaija, I.N.; Tushemereirwe, W.K. y Adipala, E. 2000. Comparison of damage levels caused by *Radopholus similis* and *Helicotylenchus multicinctus* on bananas in Uganda. Ann. Appl. Biol. 137:273-278.
- Barekye, A.; Kashaija, I.N.; Adipala, E. y Tushemereirwe, W.K. 1999. Pathogenicity of *Radopholus similis* and *Helicotylenchus multicinctus* on bananas in Uganda. Pp:319-326. In: E.A. Frison, C.S. Gold, E.B. Karamura and R.A. Sikora eds. Mobilizing IPM for sustainable banana production in Africa. Proceedings of a workshop on banana IPM held in Nelspruit, South Africa-23-28 November, 1998. IPGRI-INIBAP Montpellier France.
- Behn, J.A.; Higham, J.W. y Solis, F. 1991. Effects of continuous and rotational applications of counter systemic insecticide-nematicide (Terbufos) on nematode control, production parameters and soil degradation patterns in Costa Rica bananas (*Musa* AAA). Pp:373-383. En X Reunión ACORBAT, Villahermosa, México.
- Behm, J.A. y Cordero, R.C.A. 1988. Effects of terbufos (counter) in the control of banana burrowing nematode (*Radopholus similis*). Pp:263-275. En Reunión ACORBAT. Santa Marta, Colombia.
- Blake, C.D. 1972. Nematode diseases of banana plantations. In Webster, J.M. ed. Pp:245-267. Economic Nematology. New York, Academic Press.
- Bridge, J.; Fogain, R. y Speijer, P. 1997. The root lesion nematodes of banana. *Pratylenchus coffeae* (Zimmermann, 1898) Filip. & Schu. Stek., 1941. *Pratylenchus goodeyi* Sher & Allen, 1953. *Musa* Pest Fact Sheet No. 2. INIBAP, Montpellier, France. 4p.
- Broadley, R.A. 1979. Non volatile nematicides for control of burrowing nematode in banana plantations in North Queensland. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 19:626-630.
- Chau, N.N.; Thanh, N.V.; De Waele, D. y Geraert, E. 1997. Plant-parasitic nematodes associated with banana in Vietnam. International Journal of Nematology 7(2):122-126.
- Collingborn, F.M.B. y Gowen, S.R. 1997. Screening of banana cultivars for resistance to *Radopholus similis* and *Pratylenchus coffeae*. InfoMusa 6(2):3.
- Coosemans, J.; Duchateau, K. y Swennen, R. 1994. Root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) infection on banana (*Musa* spp.) *in vitro*. Arch. Phytopath. Pflanz. 29:165-169.
- Cubillos, G.; Barriga, R. y Pérez, L. 1980. Control químico de nematodos en banano Cavendish cv. Grande Naine en la región de Uraba, Colombia. Fitopatología Colombiana 9(2):58-70.

- Davide, R. 1996. Overview of nematodes as a limiting factor in *Musa* production. Pp:27-31 In E.A. Frison; Horry, J.P. y De Waele, D. eds. Proceedings of the workshop on New Frontiers in Resistance Breeding for Nematode, *Fusarium* and Sigatoka, 2-5 October, 1995, Kuala Lumpur, Malaysia. INIBAP, Montpellier, France.
- Davide, R.G. 1986. Distribution, host-parasite relationship and control of banana nematodes in the Philippines. Pp:114-123. En B.E. Umali, C.M. Lantican eds. Banana and plantain research and development. Proceedings of the International Seminar- workshop on banana and plantain. Research and development 1985. Davao, Filipinas. PCARRD, book series. No 41.
- Davide, R.G. y Marasigan, L.Q. 1985. Yield loss assessment and evaluation of resistance of banana cultivars to the nematode *Radopholus similis* Thorne and *Meloidogyne incognita* Chitwood. Phil. Agri. 68:335-349.
- Davide, R.G. 1985. Studies on the population dynamics of nematodes in relation to yield loss of banana and evaluation of banana varieties for nematode resistance. Research Bulletin (Filipinas) 40(1):1-26.
- De Waele, D. 2000. Root-knot nematodes. Pp:307-314. In D.R. Jones ed. Diseases of banana, Abacá and Enset. CABI Publishing. Wallingford, UK.
- De Waele, D. y Davide, R.G. 1998. The root-knot nematodes of banana *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949. *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949. *Musa* pest factsheet No. 2. INIBAP, Montpellier, France. 4p.
- Fallas, G.A.; Sarah, J.L. y Fargette, M. 1995. Reproductive fitness and pathogenicity of eight *Radopholus similis* isolates on banana plants (*Musa* AAA cv. Poyo). Nematropica 25(2):135-141.
- Ferris, H. 1978. Nematode economic thresholds: derivation, requirements and theoretical considerations. Journal of Nematology. 10: 341-350.
- Ferris, H. y Noling, J.W. 1987. Analysis and prediction as a basis for management decisions. In: Principles and practice of nematode control in crops. Academic Press, Australia, pp: 49-85.
- Figueroa, A. 1987. Efectos del combate de nematodos en una finca bananera. Pp:215-217. In VII Reunión ACORBAT 1985, San José, Costa Rica.
- Fogain, R.; Gowen, S. y Mekemda, F. 1996. Screening for susceptibility to *Radopholus similis*: evaluation of plantains AAB and diploid AA, AB, and BB. Trop. Agric. (Trinidad) 73(4):281-285.
- Fogain, R. y Gowen, S. 1995. Pathogenicity on maize and banana among isolates of *Radopholus similis* from four producing countries of Africa and Asia. Fruits 50(1):5-9.
- Fogain, R. 1994. Root knot nematodes: a serious threat to banana productions in Cameroon? MusaAfrica 4(3):3.
- Gómez, T.J. 1980. Determinación de la infestación de fitonematodos en plantaciones bananeras de Urabá., Colombia. Fitopatología Colombiana 9(1):19-32.
- Gowen, S.R. 2000a. Root-lesion nematodes. Pp:303-306. In D.R. Jones ed. Diseases of banana, abacá and enset. CABI Publishing. Wallingford, UK.
- Gowen, S.R. 2000b. Spiral nematode. Pp:306-307. In D.R. Jones ed. Diseases of banana, abacá and enset. CABI Publishing. Wallingford, UK.
- Gowen, S. 1995. Pest. Pp:382-402. In S. Gowen eds. Bananas and plantains. Chapman & Hall, London, UK.
- Gowen, S. 1991. Yield losses caused by nematodes on different banana varieties and some management techniques appropriate for farmers in Africa. Pp:199-208. In: Gold, C.S. y Gemmill, B. eds. Biological and integrated control of highland banana and plantain pests and diseases. Cotonou, Bénin.

- Gowen, S. y Quénéhervé, P. 1990. Nematodes parasites of bananas, plantains and abaca. Pp:431-460. In: M. Luc, R.A. Sikora and Bridge, J. eds. Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. CAB International, Wallingford, UK.
- Gowen, S.R. 1979. Some considerations of problems associated with the nematode pests of bananas. *Nematropica* 9(1):79-91. Hahn M.L.; Sarah, J.L.; Boisseau, M.; Vines, N.J.; Wright, D.J. y Burrows, P.R. 1996 Reproductive fitness and pathogenicity of selected *Radopholus similis* populations on two banana cultivars. *Plant Pathology* 45:223-231.
- Headley, J.C. 1972. Defining the economic threshold. Pp:100-108. In: Pest control: Strategies for the future, National Academic of Science, Washington, D.C.
- Jonathan, E.I. y Rajendran, G. 2000a. Pathogenic effect of root-knot nematode *Meloidogyne incognita* on banana *Musa* sp. *Indian J. Nematol.* 30(1):13-15.
- Jonathan, E.I. y Rajendran, G. 2000b. Assessment of avoidable yield loss in banana due to root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Indian J. Nematol.* 30(2):162-164.
- López, R.J.A. 1976. Los nematodos parásitos del cultivo del banano, su ecología y control. *Augura* 2(6):4-16.
- MacGowan, J.B. 1977. The burrowing nematode *Radopholus similis* (Cobb 1893) Thorne 1949. Fla. Dept. of Agric. & Consumer Serv. Division of Plant Industry. Nematology Circular No 27. 2p.
- Mani, A. y Al Hinai, M.S. 1996. Population dynamics and control of plant parasitic nematodes on banana in the Sultanate of Oman. *Nematol. Medit.* 24:295-299.
- Marín, D.H.; Barker, K.R.; Kaplan, D.T.; Sutton, T.B. y Opperman, C.H. 1999. Aggressiveness and damage potential of Central American and Caribbean populations of *Radopholus* spp. in banana. *Journal of Nematology* 31(4):377-385.
- McSorley, R. 1986. Nematode problems on bananas and plantains in Florida. Nematology Circular No 133. Fla. Dept. Agric. & Consumer Serv. Division of Plant Industry.
- McSorley, R. y Parrado, J.L. 1986. Nematological reviews. *Helicotylenchus multicinctus* on bananas: an international problem. *Nematropica* 16(1):73-91.
- Minz, G.; Ziv, D. y Strich-Harari, D. 1960. Decline of banana plantations caused by spiral nematodes, in the Jordan Valley, and its control by DBCP. *Ktavim* 10(3-4):147-157.
- Moens, T.; Araya, M.; Swennen, R. y De Waele, D. 2004. Enhanced biodegradation of nematicides after repetitive applications and its effect on root and yield parameters in commercial banana plantations. *Bio Fertil Soils* 39:407-414.
- Moens, T.; Araya, M.; Swennen, R.; De Waele, D. y Sandoval, J. 2003. Growing medium, inoculum density, exposure time and pot volume: factors affecting the resistance screening for *Radopholus similis* in banana (*Musa* spp.). *Nematropica* 33(1):9-26.
- Moens, T. y Araya, M. 2002. Efecto de *Radopholus similis*, *Meloidogyne incognita*, *Pratylenchus coffeae* y *Helicotylenchus multicinctus* en la producción de *Musa* AAA cv. Grande Naine. *Corbana* 28(55):
- Moens, T.; Araya, M. y De Waele, D. 2001. Correlations between nematode numbers and damage to banana (*Musa* AAA) roots under commercial conditions. *Nematropica* 31:55-65.
- Molina, Ma.E. y Figueroa, M.A. 1988. Efecto de los nematicidas en el control de los nematodos y la producción del banano. *Asbana* 12(29):19-25.
- Murray, D.S. 1980. Uso de nematicidas en escala comercial en plantaciones bananeras del Atlántico. *Asbana* 4(13):8-9,16.

Murray, 1980, 2: Molina y Figueroa, 1988, 3: Behm *et al*, 1991, 4: Behm *et al*, 1988, 5: Cubillos *et al*. 1980, 6: Vilardebo, 1981.

O'bannon, J.H. 1977. Worldwide dissemination of *Radopholus similis* and its importance in crop production. *Journal of Nematology* 9(1):16-25.

Orton, W.K.J. y Siddiqi, M.R. 1973. *Radopholus similis*. C.I.H. *Description of Plant Parasitic Nematodes Set 2 No 27*. 4p. Commonwealth Agricultural Bureaux..

Patel, B.A.; Byas, R.V.; Patel, D.J. y Patel, R.S. 1996. Susceptibility of banana cultivars to root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.). *InfoMusa* 5(2):26-27.

Pattison, T.; Stanton, J. y Versteeg, C. 1999. Nematicides: are they worth it?. *Bananatopics* 27:11-13.

Pinochet, J.; Jaizme, M.C.; Fernandez, C.; Jaumot, M. y De Waele, D. 1998. Screening bananas for root-knot (*Meloidogyne* spp.) and lesion nematode (*Pratylenchus goodeyi*) resistance for the Canary Islands. *Fundam. Appl. Nematol.* 21(1):17-23.

Pinochet, J. y Rowe, P. 1979. Progress in breeding for resistance to *Radopholus similis* on bananas. *Nematropica* 9:40-43.

Pinochet, J. 1978. Histopathology of the root lesion nematode, *Pratylenchus coffeae* on plantains, *Musa* AAB. *Nematologica* 24(35):337-340.

Pinochet, J. 1977. Occurrence and spatial distribution of root-knot nematodes of bananas and plantains in Honduras. *Plant Disease Reporter*. 61(6):518-520.

Price, N.S. 1994. Field trial evaluation of nematode susceptibility within *Musa*. *Fundamental and Applied Nematology* 17(5):391-396.

Quénéhervé, P.; Cadet, P. Mateille, T. y Topart, P. 1991. Population of nematodes in soils under banana cv. Poyo, in the Ivory Coast. 5. Screening of nematicides and horticultural results. *Revue Nématol.* 14(2):231-249.

Rajendran, G.; Naganathanm, T.G. y Sivagami, V. 1979. Studies on banana nematodes. *Indian Journal of Nematology* 9(1):54.

Razak, A.R. 1994. Plant parasitic nematodes, a potential threat to commercial cultivation of banana in Malaysia. Pp. 34-45 *In* R.V. Valmayor, R.G. Davide, J.M. Stanton, N.L. Treverrow, and V.N. Roa eds. *Banana nematodes and weevil borers in Asia and The Pacific. Proceedings of a Conference-workshop on nematodes and weevil borers affecting bananas in Asia and the Pacific*. Serdang, Selangor, Malaysia, 18-22 April 1994. INIBAP/ASPNET, Los Baños, Laguna, Philippines.

Reddy, P.P. 1994. Status of banana nematodes in India. Pp:247-254 *In* R.V. Valmayor, R.G. Davide, J.M. Stanton, N.L. Treverrow, and V.N. Roa eds. *Banana nematodes and weevil borers in Asia and The Pacific. Proceedings of a Conference-workshop on nematodes and weevil borers affecting bananas in Asia and the Pacific*. Serdang, Selangor, Malaysia, 18-22 April 1994. INIBAP / ASPNET, Los Baños, Laguna, Philippines.

Rodriguez, R.R. 1990. Los nematodos de la platanera (*Musa acuminata* AAA, subgrupo Cavendish Enana) en Canarias (1963-1984). Las Palmas de Gran Canarias, Caja Insular de Ahorros de Canarias. 58p.

Román, J. 1986. *Plant-parasitic nematodes of bananas, citrus, coffee, grapes and tobacco*. Union Carbide Agricultural Products Company. Inc. 17p.

Sarah, J.L. 2000. Burrowing nematode. Pp:295-303. *In* D.R. Jones ed. *Diseases of banana, abacá and enset*. CABI Publishing. Wallingford, UK.

- Sarah, J.L.; Pinochet, J. y Stanton, J. 1996. El nematodo barrenador del banano *Radopholus similis* Cobb. Plagas de *Musa* – Hoja divulgativa No. 1. INIBAP, Montpellier, Francia. 2p.
- Sarah, J.L.; Sabatini, C. y Boisseau, M. 1993. Differences in pathogenicity to banana (*Musa* sp. cv. Poyo) among isolates of *Radopholus similis* from different production areas of the world. *Nematropica* 23:73-79.
- Sarah J.L.; Blavignac, F.; Sabatini, C. y Boisseau, M. 1992. Une méthode de laboratoire pour le criblage variétal des bananiers vis-à-vis de la résistance aux nématodes. *Fruits* 47(5): 559-564.
- Sarah, J.L. 1989. Banana nematodes and their control in Africa. *Nematological review*. *Nematropica* 19(2):199-216.
- Sasser, J.N. y D.W. Freckman. 1987. A world perspective on nematology; the role of the society. Pp:7-14. *En* J.A. Veech; D.W. Dickson eds. *Vistas on Nematology*. E.E.U.U.
- Society of Nematologists, Inc. Sikora, R.A. y Schlösser, E. 1973. Nematodes and fungi associated with root systems of bananas in a state of decline in Lebanon. *Plant Disease Reporter* 57(7):615-618.
- Speijer, P.R. y Fogain, R. 1999. *Musa* and Ensete nematode pest status in selected African countries. Pp:99-108 *In* E.A. Frison; Gold, C.S.; Karamura, E.B. y Sikora, R.A. eds. *Mobilizing IPM for sustainable banana production in Africa*. Proceedings of a workshop on banana IPM held in Nelspruit, South Africa, 23-28 November 1998. INIBAP, Montpellier, France.
- Stanton, J. y Pattison, A.B. 2000. Implementing strategic control of nematodes on bananas. Final Report. Project FR96016. Queensland Department of Primary Industries. 98p.
- Stoffelen, R.; Verlinden, R.; Pinochet, J.; Swennen, R.L. y De Waele, D. 2000. Host plant response of *Fusarium* wilt resistant *Musa* genotypes to *Radopholus similis* and *Pratylenchus coffeae*. *International Journal of Pest Management* 46(4):289-293.
- Stoffelen, R.; Verlinden, R.; Xuyen, N.T.; Swennen, R. y De Waele, D. 1999. Screening of Papua New Guinea bananas to root-lesion and root-knot nematodes. *InfoMusa* 8(1):12-15.
- Stover, R.H. y N.W. Simmons. 1987. Bananas. 3 ed. Longman, Scientific & Technical. John Wiley & Sons, Inc. New York. 468p.
- Swennen, R. y Vuylsteke, D. 1993. Breeding black sigatoka resistant plantains with a wild banana. *Trop. Agric. (Trinidad)* 70(1):74-77.
- Tarté, R. y Pinochet, J. 1981. Problemas nematológicos del banano, contribuciones recientes a su conocimiento y combate. Panamá, UPEB. 32p.
- Tarté, R. 1980. La importancia del conocimiento de la biología y comportamiento de los nematodos parásitos del banano en el desarrollo de métodos eficientes de control. *Augura* 6(2):13-21.
- Tenkouano, A.; Vuylsteke, D.; Okoro, J.; Makumbi, D.; Swennen, R. y Ortiz, R. 2003. Diploid banana hybrids TMBx5105-1 and TMB2x9128-3 with good combining ability, resistance to black sigatoka and nematodes. *HortScience* 38(3):468-472.
- Van den Berg, I.; Nguyet, D.T.M.; Tuyet, N.T.; Nhi, H.H. y De Waele, D. 2002a. Screening of Vietnamese *Musa* germplasm for resistance to root knot and root lesion nematodes in the greenhouse. *Australasian Plant Pathology* 31:363-371.
- Van den Bergh, I.; Nguyet, D.T.M.; Tuyet, N.T.; Nhi, H.H. y De Waele, D. 2002b. Responses of Vietnamese *Musa* genotypes to *Meloidogyne* spp. under field conditions. *Nematology* 4(8):917-923.

- Van den Bergh, I.; Tam, V.T. y Chau, N.N. 2000. Assessment of the occurrence and damage potential of nematodes on bananas in North and Central Vietnam. Pp:134-149. In: H.H. Nhi, A. Molina, I. Van den Bergh, and P.T. Sen. Highlights of *Musa* research and development in Vietnam. Proceedings of a meeting held in Hanoi, Vietnam. 7-8 June, 2000. VASI, Hanoi, Vietnam.
- Viaene, N.; Durán, L.F.; Rivera, J.M.; Dueñas, J.; Rowe, P. y De Waele, D. 2003. Responses of banana and plantain cultivars, lines and hybrids to the burrowing nematode *Radopholus similis*. *Nematology* 5(1):85-98.
- Viaene, N.; Durán, L.F.; Dueñas, J.; Rivera, J.M.; De Waele, D. y Rowe, P. 2000. Reacción de híbridos y genotipos naturales de *Musa* al ataque de los nematodos *Radopholus similis* y *Pratylenchus coffeae* en ambiente de casa de sombra. 9 p. en XIV Reunión de ACORBAT, San Juan, Puerto Rico.
- Viaene, N.; Dueñas, J.; Rivera, J.M.; Rowe, P. y De Waele, D. 1998. Determinación experimental de la reacción a los nematodos *Radopholus similis* y *Pratylenchus coffeae* de germoplasma selecto de *Musa* en casa de sombra. Pp. 43-67 In Informe técnico 1997, Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, Programa de Banano y Plátano, La Lima, Honduras.
- Vilardebo, A. 1981. Applications des resultats de recherches de lutte contre la nematose du bananiera *Radopholus similis*, Cobb dans l'ouest african. *Nematropica* 11(2):193-207.
- Villacís, J.; Valarezo, O.; Carrillo, J.; Quimí, V.H. y Arauz, V. 1975. Evaluación de la distribución y densidad de población de los insectos plagas y nemátodos fitopatógenos en las bananeras de las Zonas Sur y Oriental. Pp:1-8. In: Informe Técnico de banano 1975. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) Ecuador.
- Wehnt, E.J.; Hutchinson, D.J. y Edwards, D.I. 1978. Reactions of banana cultivars to the burrowing nematode. *Journal of Nematology* 10:368-370.
- Zem, A.C. y E.J. Alves. 1983. Efeito de diferentes práticas sobre a populacao de *Radopholus similis*. *Soc. Brasil. Nemat. VII Reuniao de Nematologia. Public. No 7.* 215-225.
- Zem, A.C. y E.J. Alves. 1981. Observacoes sobre perdas provocadas por nematoides em bananeira (*Musa acuminata* Simm. & Shep) cv. Nanicao. Bahía, Cruz das Almas, Brasil, EMBRAPA/CNPMF, Boletín de pesquisa No 6. 10p.

MANEJO ALTERNATIVO DE FITONEMATODOS EN BANANO Y PLATANO

ALTERNATIVE MANAGEMENT OF FITONEMATODES ON BANANA AND PLANTAIN

L.E. Pocasangre¹, A.zum Felde², A. Meneses², C. Cañizares², A. S. Riveros³, F.E. Rosales⁴, R. . Sikora⁵

SUMMARY

Studies conducted over seven years have demonstrated that natural population of endophytic fungi associated to the banana rhizosphere has a potential antagonistic activity to phytonematodes. Ten percent of the endophytic fungi isolated from the roots have a strong antagonistic activity to the barrowing nematode *Radopholus similis*. Reduction up to 90% of the final population of the nematode in the root system of protected plants in comparison to unprotected plants have been recorded. In addition, to the nematode biocontrol the endophytic fungi favored the plants growth promotion as well as increase the plant vigor. The potential use of the endophytic fungi for biological enhancement of planting material represents an alternative to nematode control in commercial plantation. Furthermore the technology permit to combine biocontrol agents with the micropropagation system for the establishment and renewing banana plantations. The use of protected planting material can eliminate the use of nematicide at planting time as well as reduce and extend the nematicide application cycles.

Keyword: rhizosphere, endophytic fungi, protected plants, nematodes, biocontrol, plant growth promotion,

RESUMEN

Estudios realizados por mas de siete años han demostrado que poblaciones naturales de hongos endofíticos asociados a la rizosfera del banano y plátano tienen una actividad antagonista sobre fitonematodos. Diez por ciento de los hongos endofíticos aislados de los tejidos internos de las raíces han mostrado un alta actividad antagonista sobre el nematodo barrenador del banano *Radopholus similis*. Reducciones en la población final de nematodos en el sistema radical hasta de 90% han sido registradas en plantas protegidas con hongos endofíticos en comparación con plantas no protegidas. Adicionalmente, a la actividad de biocontrol, los hongos endofíticos estimulan la promoción de crecimiento del sistema radical y foliar de la planta, aumentado notoriamente su vigor. El mejoramiento biológico de material de siembra con hongos endofíticos representa una nueva alternativa para el manejo de nematodos. Además la tecnología permite combinar la utilización de biocontroladores con el sistema de micropropagación de musaceas, lo cual permite establecer nuevas plantaciones o renovar plantaciones agotadas con material de siembra mejorado biológicamente. El uso de material de siembra protegido puede eliminar el uso de nematicidas al momento de la siembra, así como también extender o eliminar los ciclos de aplicación de nematicidas.

Palabras clave: rizosfera, hongos endofíticos, plantas protegidas, nematodos, biocontrol, promoción de crecimiento.

INTRODUCCIÓN

Esta completamente establecido que los fitonematodos son los patógenos de mayor importancia del sistema radical en banano y el plátano (Gowen & Quénéhervé, 1990; Bridge, 1993; Jeger *et al.*, 1996; Fogian & Gowen, 1997). Perdidas económicas entre 10 al 50 % han sido documentadas en plantaciones comerciales de banano en varios países productores a nivel intercontinental (Tarté *et al.* 1981; Pinochet, 1986; Davide, 1996). Actualmente, el manejo convencional de fitonomentados en banano se basa en dos a tres aplicaciones de nematicidas y el costo del control oscila entre USD 350 a 500 por hectárea por año.

A pesar del intenso uso de nematicidas, el control de los fitonematodos no ha sido eficiente y en algunos casos, el problema del deterioro del sistema radical se ha incrementado, resultando en plantaciones altamente infestadas, las cuales difícilmente pueden recuperarse a un nivel productivo económicamente rentable. Por

¹ Profesor Investigador unidad de nematología y Salud de Suelo CATIE y Asistente INIBAP LAC
lpoca@catie.ac.cr

² Estudiantes de Maestría CATIE,

³ Profesora Investigadora CATIE, Convenio Universidad Tolima, Colombia, asriveros@catie.ac.cr

⁴ Coordinador Regional INIBAP, inibap@catie.ac.cr

⁵ Profesor Universidad de Bonn, Alemania, rsikora@uni-bonn.de

otra parte, este método de control reduce o elimina las poblaciones de antagonistas naturales de fitonematodos presentes en el suelo y asociados a la rizosfera.

Investigaciones realizadas durante los últimos siete años en la Universidad de Bonn, Alemania y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica han demostrado que poblaciones de hongos endofíticos presentes en el tejido interno de raíces de banano y plátano pueden ser utilizadas como agentes biológicos de control de fitonematodos. El diez por ciento de los hongos endofíticos colectados presentan una alta actividad antagonista sobre el nematodo barrenador *Radopholus similis* evaluado en siete diferentes cultivares de banano y plátano. Reducciones hasta del 90% de la población final de *R. similis* en el sistema radical de plantas protegidas con hongos endofíticos han sido registradas en varios experimentos repetidos en el tiempo (Pocasangre, 2000; Pocasangre et al. 2000). Estudios relacionados con el mecanismo de acción del biocontrol han determinado que los hongos actúan parasitando el cuerpo de larvas y adultos del nematodo y también mediante liberación de sustancias tóxicas (Pocasangre, 2002; Meneses, et al. 2003). Asimismo se considera que estos hongos también pueden actuar activando mecanismos de resistencia en la planta. Adicionalmente al biocontrol de nematodos, las plantas protegidas con hongos endofíticos han presentado un incremento en la longitud, área, volumen y peso del sistema radical en comparación con plantas no protegidas. Asimismo, el peso foliar y vigor general de las plantas ha sido superiores que en plantas no protegidas. Probablemente, este fenómeno de promoción de crecimiento y vigor de la planta este relacionado con la mayor superficie de exploración y absorción de nutrientes del sistema radical de la planta.

Dentro de las ventajas que presenta el uso de hongos endofíticos se pueden destacar: su fácil cultivo y multiplicación en medios de cultivo sintéticos, pueden ser conservados a largo tiempo, producen alta cantidad de inóculo, tienen capacidad de recolonizar diferentes cultivares de banano y plátano y el costo de preparación y aplicación es mas bajo que el uso de nematicidas.

Actualmente, la mayoría de las plantaciones comerciales de banano se siembran con plantas de cultivo de tejidos, debido a las ventajas que presenta sobre el uso de cormos o retoños. Sin embargo, cuando las vitroplantas son sembradas en suelos infestados han sido más susceptibles al ataque de nematodos, Mal de Panamá y virosis debido a que están libres de antagonistas naturales que si están presentes en los cormos (Canizares, 2003; Pocasangre, 2003). Consecuentemente, estos hongos endofíticos puede ser utilizados para mejorar biológicamente las vitroplantas y llevar material de siembra protegido con biocontroladores, lo cual eliminaría la aplicación de nematicidas al momento de la siembra y reducir ciclos las aplicaciones posteriores. Estudios tendientes a conocer la eficiencia y durabilidad del biocontrol en condiciones de campo se están llevando a cabo en Costa Rica

En la actualidad, se discute sobre convertir el banano de un cultivo perenne en anual, bianual o trianual, debido a que se conoce que en plantaciones viejas los problemas con patógenos del suelo y foliares se incrementan con el tiempo. La experiencia comercial de siembras anuales con altas densidades en plátano ha demostrado que plantaciones jóvenes tienen menos problemas con patógenos, son altamente productivas y son económicamente rentables. La estrategia de manejo de nematodos planteada en este documento permite la ventaja de combinar la acción de un biocontrolador con un sistema de micropropagación o microcormos que permite proteger grandes volúmenes de plantas en corto tiempo, lo cual facilitaría la siembra o renovación de plantaciones anualmente. Por otra parte, esta tecnología permite hacer siembras escalonadas programadas y concentrar la producción en periodos de alto precio de la fruta.

MATERIALES Y METODOS

Aislamiento de hongos endofíticos

El método de aislamiento de hongos endofíticos consistió en el protocolo de desinfección superficial de tejidos de raíces y cormos descrito por Pocasangre et al. (2000), que consiste en seleccionar segmentos de aproximadamente 1 cm de longitud de tejidos internos de raíces y cormos, los cuales fueron sumergidos en una solución al 3 % de hipoclorito de sodio por 5 minutos y posteriormente los segmentos fueron cultivados en PDA 10%. Tres días después del cultivo, crecimientos de micelio de los hongos endofíticos fueron subcultivados en PDA 100% para lograr la purificación de los aislados.

Poblaciones de hongos endofíticos

Los hongos endofíticos utilizados en la presente investigación corresponden a cuatro poblaciones: Una población de plantaciones comerciales de Centroamérica, una población proveniente de suelos supresivos a fitonematodos de costa atlántica de Guatemala, una población de suelos supresivos a nematodos de Sixaola, y una población proveniente de plantaciones de banano orgánico de Talamanca, Costa Rica

Población de nematodos

La población de *R. similis* utilizada en los diferentes experimentos fue aislada del cultivar Valery de Talamanca Costa Rica. El mantenimiento y la reproducción del nematodo fueron realizados utilizando el protocolo descrito por O'Bannon y Taylor (1968) que consiste en cultivos de nematodo en discos de zanahoria estéril en Platos Petri de 9 cm de diámetro. Los nematodos utilizados en los experimentos fueron extraídos de colonias robustas adheridas a las paredes del plato Petri.

Protección de plantas y bioensayos de biocontrol de *Radopholus similis*

Vitroplantas del cultivar Gran Enano (AAA) de seis semanas de crecimiento en invernadero fueron inoculadas con hongos endofíticos para determinar la actividad antagonista de los biocontroladores sobre la tasa de reproducción del *R. similis* en el sistema radical. La inoculación se realizó sumergiendo el sistema radical de las vitroplantas en una suspensión de esporas del hongo de 1.2×10^6 cfu/ ml por 5 minutos. Posteriormente las plantas fueron sembradas en suelo estéril en maceteras plásticas de 1 litro de capacidad. Plantas testigo no fueron inoculadas con hongos endofíticos. Dos semanas después de la inoculación con el hongo fueron inoculadas con 500 nematodos por planta. La inoculación del nematodo se realizó con 5 ml de una solución calibrada de *R. similis* que se aplicó en tres agujeros en la base de la vitroplanta. La evaluación de la actividad antagonista de los hongos endofíticos se determinó 3 meses después de la inoculación del nematodo, mediante la extracción y conteo de la población final del *R. similis* en el sistema radical de las vitroplantas. Adicionalmente se evaluó los parámetros de crecimiento de la planta, tales como: altura, número de hojas y peso del sistema radical y foliar de la planta.

Análisis de los datos

La evaluación de las variables de respuesta, se realizó mediante análisis de varianza independientes para cada variable en estudio. Los análisis de varianza se analizaron mediante el programa estadístico PROC ANOVA, SAS para Windows. Los conteos de los nematodos fueron transformados antes de realizar el análisis estadístico utilizando, $\lg(x + 0,1)$. Para los casos en que hubo diferencia significativa, se efectuó discriminación entre tratamientos mediante la prueba de rangos múltiples de DUNCAN ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Población de hongos endofíticos de Centroamérica

Los resultados del screening de 28 aislados endofíticos demuestran que existen diferentes grados de actividad antagonista sobre *R. similis* entre los aislados evaluados. El rango de reducción de la población final varió desde 0 hasta 90%. Tres aislados endofíticos, correspondientes al 11% de los hongos aislados provocaron una reducción en la población final de *R. similis* superior al 90% (Tabla 1). Estudios posteriores con estas poblaciones endofíticas demostraron que la actividad antagonista, se debe a una reducción drástica la penetración del nematodo en el sistema radical (Pocasangre, 2000, Pocasangre, et al, 2000). Adicionalmente, Niere (2001) encontró que el biocontrol de hongos endofíticos sobre *R. similis* en banano se debe a una reducción significativa en el número de hembras del nematodo en el sistema radical. Sikora (1992) considera que parte del biocontrol de los hongos endofíticos se debe al mejoramiento de la sanidad de la planta, la cual podría estar relacionada con el fenómeno de inducción de resistencia.

Table 1. Clases de actividad antagonista de 28 aislados endofíticos sobre la población final de *Radopholus similis* en el sistema radical de vitroplantas del cultivar Gran Enano (AAA).

Clases de actividad (%)	Numero de aislados	Aislados (%)
No efecto	2	7
< 30 %	7	25
30-50%	3	11
50-70%	5	18
71-90 %	8	28
> 90 %	3	11
Total	28	100

Población de hongos endofíticos de suelos supresivos de Guatemala

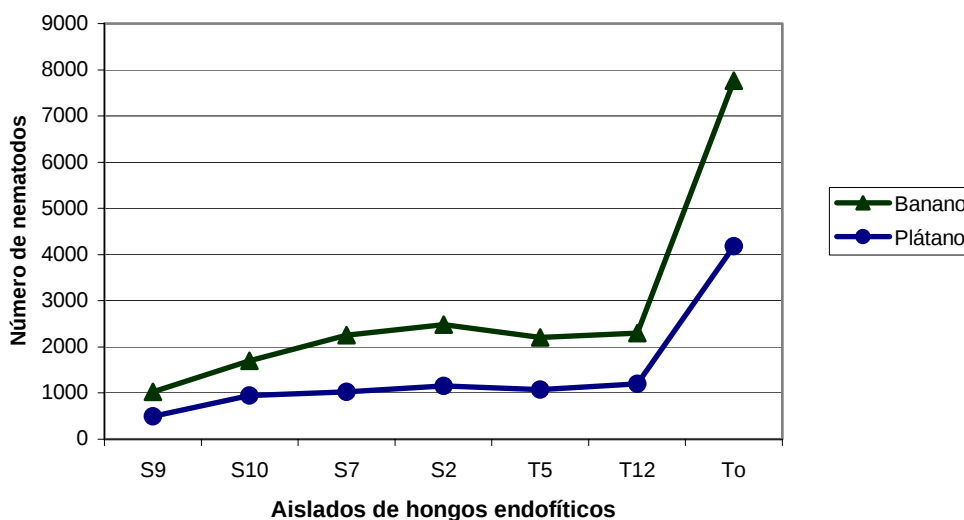
Los resultados demuestran que vitroplantas protegidas con todos los aislados endofíticos presentaron menores densidades poblacionales de *R. similis* en el sistema radical que vitroplantas no protegidas. El rango de reducción de la población del nematodo vario entre 21 y 83 % (Tabla 2). Resultados similares fueron encontrados por Soto (2003), quien trabajando con la misma población de hongos endofíticos encontró reducciones en la población de *R. similis* en sistema radical de plantas protegidas hasta de 84% en comparación con plantas testigo. Pruebas de parasitismo realizados con los mejores aislados endofíticos (M25, M40, M41 y M45) demostraron que tanto *Fusarium* y *Trichoderma* son capaces de parasitar larvas de *R. similis* en 24 horas de cocultivo, lo cual podría ser uno de los principales mecanismos de control de estos aislados (Pocasangre, 2002; zum Felde, 2002; Soto, 2003).

Tabla 2. Efecto de 12 aislado endofíticos sobre la población final de *Radopholus similis* en el sistema radical de vitroplantas del cultivar Gran Enano (AAA)

Tratamiento	Hongo	Código	Nematodos	Reducción numero de nematodos	Peso radical	Peso foliar
Testigo			18,694 a		8.29 b	19.95 bc
T2,	<i>Fusarium</i>	M50	14,707 a	(-21%)	10.77 ab	17.90 c
T3	<i>Fusarium</i>	M22	14,025 ab	(-25%)	11.28 ab	19.94 bc
T1	<i>Fusarium</i>	M30	12,931 ab	(-31%)	13.34 ab	19.12 bc
T4	<i>Fusarium</i>	M10	11,171 abc	(-40%)	10.29 ab	22.73 abc
T10	<i>Trichoderma</i>	M20	7,890 bdc	(-58%)	14.47 a	28.25 a
T9	<i>Fusarium</i>	M49	7417 dc	(-60%)	14.20 a	26.28 ab
T7	<i>Fusarium</i>	M6	6764 dc	(-64%)	10.28 ab	25.37 ab
T8	<i>Fusarium</i>	M12	6601 dc	(-65%)	12.39 a	25.23 ab
T5	<i>Fusarium</i>	M40	5,505 de	(-71%)	13.54 ab	27.47 ab
T11	<i>Trichoderma</i>	M45	4,856 de	(-74%)	14.81 a	27.64 ab
T6	<i>Fusarium</i>	M25	4,793 de	(-74%)	14.11 a	28.30 a
T12	<i>Trichoderma</i>	M41	3,271 e	(-83%)	13.99 a	24.87 ab
TA					12.59 ab	26.49 ab

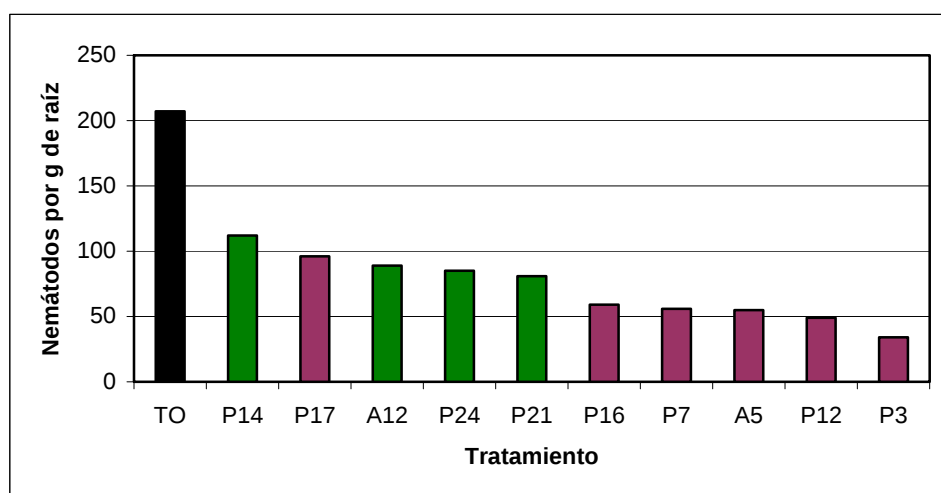
Población de hongos endofíticos de suelos supresivos de Costa Rica

Fig. 1. Efecto de seis aislados endofíticos sobre la población final de *R. similis* en vitroplantas de banano y microcormos de plátano tres meses después de la inoculación con el nematodo



Los resultados presentados en la Figura 1 demuestran que plantas de banano y plátano protegidas con hongos endofíticos presentaron reducciones hasta de 86% en la población final de *R. similis* en el sistema radical en comparación con plantas no protegidas. Resultados similares fueron documentados por Pocasangre (2000) quién estudió el potencial antagonista de hongos endofíticos para el control de *R. similis* en cinco cultivares de banano: Gran Enano (AAA), Williams (AAA), Gros Michel (AAA) FHIA 01(AAAB), FHIA 23 (AAAA) encontrando que hongos endofíticos son capaces de reducir entre 79 a 90% la población final de *R. similis* en el sistema radical de plantas en los cinco cultivares. Estos resultados demuestran que el efecto antagonista de los hongos endofíticos no está limitado a un grupo genético de *Musa* en particular.

Fig. 2. Efecto de diez aislados endofíticos sobre la población final de *R. similis* en vitroplantas de banano tres meses después de la inoculación con el nematodo



Población de hongos endofíticos de producción orgánica de banano en Costa Rica

Los resultados presentados en la Figura 2 demuestran que la población final de *R. similis* en el sistema radical de vitroplantas de banano en plantas protegidas con hongos endofíticos presentaron una reducción significativa en la población final del nematodo, respecto a la encontrada en plantas no protegidas. Diversos estudios han demostrado la misma acción antagonista de hongos endofíticos hacia la reproducción de nemátodos (Pocasangre, 2003; Niere 2001; Pocasangre et al. 2000; Hallmann y Sikora, 1995; Schuster et al. 1995; Amin, 1994; Speijer y Sikora, 1993). En la presente investigación, plantas protegidas con cepas de *Fusarium* y *Trichoderma* presentaron densidades de nemátodos estadísticamente menores que plantas control. Reducciones en la población final de *R. similis* entre 17% y 72% fueron registradas. Resultados similares fueron reportados por Soto (2003) y zum Felde (2002), quienes evaluando la actividad antagonista de aislados endofíticos de *Fusarium* y *Trichoderma* contra *R. similis*, encontraron reducciones de hasta 84%.

Los aislados pertenecientes al género *Fusarium* presentaron las reducciones más altas, acentuándose aún más en las plantas protegidas con los aislados P3 y P12, con reducciones de 71 y 72% respectivamente. Similarmente, Pocasangre et al. (2000), encontraron que hongos endofíticos pertenecientes a cepas no patogénicas de *Fusarium* produjeron reducciones en la población final de *R. similis* en el sistema radical de plantas Gran enano, Williams y FHIA-23, superiores a 80%. Similarmente Niere (2001) encontró que plantas Valery protegidas con cepas de *Fusarium* presentaron reducciones hasta de 77%.

Los aislados pertenecientes al género *Trichoderma* presentaron una reducción de 17 al 35%. Este género fue reportado por primera vez como un buen agente en la reducción de *R. similis* en vitroplantas de banano por zum Felde (2002), quien encontró reducciones de hasta 74%. Resultados similares fueron encontrados por Soto (2003) quién registró reducciones de 84%. Estudios realizados para el control de otras especies de nemátodos han documentado a *Trichoderma* como buen biocontrolador: Por ejemplo, Speijer y Chet (1998) reportan a *Trichoderma harzianum* antagonista contra *Meloidogyne javanica*, reduciendo el índice de agallas en raíces y el número de huevos por gramo de raíces.

CONCLUSIONES

Hongos endofíticos asociados al sistema radical de banano y plátano fueron aislados en los cuatro sistemas de producción estudiados. Aislados pertenecientes a *Trichoderma atroviride* y cepas no patogénicas *Fusarium oxysporum* fueron los más frecuentemente encontrados.

Existen diferentes gradientes de actividad antagonista sobre *R. similis* entre los aislados endofíticos evaluados. El 10% de los aislados estudiados presentaron reducciones en la población final del nematodo hasta en un 90%.

La mayoría de los hongos endofíticos evaluados presentaron altos porcentajes de parasitismo en todos los estados larvales y adultos de *R. similis*. Aislados de *Trichoderma* presentaron mortalidades de 72 a 99%, mientras que aislados de *Fusarium* entre 28 y 100%.

Plantas protegidas con hongos endofíticos de las cuatro poblaciones estudiadas presentaron reducciones en la población final de *R. similis* dentro de un rango de 47 hasta de 90%:

Plantas protegidas con hongos endofíticos presentaron un efecto en la promoción de crecimiento, reflejado en un incremento del peso de las raíces y el pseudotallo en comparación con plantas testigo. Asimismo, presentaron mayor altura, diámetro basal del pseudotallo y mayor número de hojas y raíces.

LITERATURA

Amin, N. (1994). Untersuchungen über die Bedeutung endophytischer Pilze für die biologische Bekämpfung des wandernden Endoparasiten *Radopholus similis* (Cobb) Thorne an Bananen. Ph.D. Thesis, University of Bonn, 112 pp.

Bridge, J. (1993). Worldwide distribution of the major nematode parasites of banana and plantain. In biological and integrated control of highland banana and plantain pest and diseases. (Eds. By C.S. Gold and B. Gemmill). Cotonou, Benin. Pp:185-198.

Canizares, C. (2003). Estudio sobre poblaciones de hongos endofíticos provenientes de suelos supresivos al nematodo barrenador *Radopholus similis* (Cobb) Thorne en plantaciones comerciales de platano en la zona de Talamanca, Costa Rica. Tesis Maestría, CATIE. 94p.

Davide, R.G. (1996). Overview of nematodes as a limiting factor in *Musa* production. In: New frontiers in resistance breeding for nematode, *Fusarium* and Sigatoka. Eds. Frison, E.A.; Horry, J.P.; De Waele, D. INIBAP, Montpellier France, pp. 27-31.

Fogain, R. & Gowen, S.R. (1997). Damage to roots of *Musa* cultivars by *Radopholus similis* with and without protection of nematicides. *Nematropica*, 27 (1): 27-32.

Gowen, S. & Quénehervé, P. (1990). Nematode parasite of banana, plantain and abaca. In plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. Eds. Luc, M., Sikora, R.A. and Bridge, J. CAB International. 431-460.

Hallmann, J. & Sikora, R.A. (1995). Influence of *Fusarium oxysporum*, a mutualistic fungal endophyte, on *Meloidogyne incognita* infection of tomato. *Journal of Plant Disease and Protection*, 101(5):475-481.

Jeger, M.J. Waller, J.M. Johanson. A & Gowen, S.R. (1996). Monitoring in banana pest management. *Crop Protection*, 15 (4): 391-397.

Meneses, A., Pocasangre, L. E. Somarriba, E. Riveros, A., Rosales, F. (2003). Diversidad de hongos endofíticos y abundancia nematodos en plantaciones de banano y plátano en la parte baja de los territorios indígenas de Talamanca. *Agroforestería de las América* 10 (37-38): 59-62.

Niere, B.I. (2001). Significance of non-pathogenic isolates of non-pathogenic isolates of *Fusarium oxysporum* Schlecht.: Fries for the biological control of the burrowing nematode *Radopholus similis* (Cobb) Thorne on tissue cultured banana. Ph.D. Thesis, Bonn Universität. Germany. 118 p.

- O'Bannon, J. H and Taylor, A.L. (1968). Migratory endoparasitic nematodes reared on carrot disc. *Phytopathology*, 58:385.
- Pinochet, J. (1986). A note on nematode control practice on bananas in Central America. *Nematropica*, 16 (2):197-203.
- Pocasangre, L., Sikora, R.A., Vilich, V. & Schuster, R-P. (2000). Survey of banana endophytic fungi from Central America and screening for biological control of *Radopholus similis*. *Acta Horticulturae*, 531: 283-289..
- Pocasangre, L. (2000). Biological enhancement of banana tissue culture plantlets with endophytic fungi for the control of the burrowing nematode *Radopholus similis* and the Panama disease (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*). Ph. D. Tesis. Universidad de Bonn. 95 p.
- Pocasangre, L. E. (2002). Mejoramiento biológico de vitroplantas de banano mediante la utilización de hongos endofíticos para el control del nematodo barrenador (*Radopholus similis*), In Riveros, AS; Pocasangre, L.E.; Rosales, FE. editores. 2002. inducción de resistencia y uso de tecnologías limpias para el manejo de plagas en plantas. Memoria del taller internacional realizado en CATIE, Turrialba Costa Rica, 27-30 de agosto, pp. 33-39.
- Pocasangre, L.E. (2003). Nuevas estrategias para el manejo de nematodos en musáceas. In Taller Manejo convencional y alternativo de la Sigatoca negra, nematodos y otras plagas asociadas al cultivo de las Musáceas. (2003, Guayaquil, Ecuador). Programa y resúmenes. sl. MUSALAC/INIBAP/FUNDAGRO. p.38.
- Schuster, R.-P., Sikora, R.A & Amin, N. (1995). Potential of endophytic fungi for the biological control of plant parasitic nematodes. *Med. Fac. Landbouww. University of Gent*, 60/ 3b. 1947-1952.
- Sikora, R.A. (1992). Management of the antagonistic potential in agricultural ecosystems for biological control of plant parasitic nematodes. *Annu. Rev. Phytopathology*, 30:245-270.
- Tarté, R. Pinochet, J.C., Gabrielli, C. & Ventura, O. (1981). Differences in population increase, host preferences and frequency of morphological variants among isolates of the banana Race of *Radopholus similis*. *Nematropica*, 11: 43-52.
- Yates, I.E., Bacon, C.W. & Hinton, D.M. (1997). Effects of endophytic infection by *Fusarium moniliforme* on corn growth and cellular morphology. *Plant Diseases* 81:723-728.
- Zum Felde, A. (2002). Screening of Endophytic Fungi from Banana (*Musa*) for Antagonistic Effects towards the Burrowing Nematode, *Radopholus similis* (Cobb) Thorne. Thesis Mag. Sc. Bonn, Germany. Universität Bonn. 53 p.

LA BIODEGRADACIÓN ACELERADA DE NEMATICIDAS NO-FUMIGANTES EN PLANTACIONES COMERCIALES DE BANANO (*Musa AAA*)

M. Araya .CORBANA S.A. Apdo 390-7210, Guápiles, Costa Rica.

Email: maaraya@corbana.co.cr

ABSTRACT

The Accelerated Biodegradation Of Non-Fumigant Nematicides On Commercial Banana (*Musa Aaa*) Plantations. The concept, the microorganisms involved and their populations, and factors affecting the enhanced biodegradation are mentioned. Results from the rapid biodegradation of non fumigant nematicides in Costa Rican commercial banana plantations are presented and the results found in Honduras and Australia are described. Alternatives on the rotation of nematicides are suggested in order to reduce the risk of the potential development of the phenomenon and its prevention.

Key words: bananas, biodegradation, *Musa AAA*, nematicides, nematodes.

RESUMEN

El concepto, los microorganismos involucrados y sus poblaciones y los factores que afectan la biodegradación acelerada son mencionados. Resultados sobre la rápida biodegradación de nematicidas no fumigantes en plantaciones comerciales de banano en Costa Rica son presentados y se describen los encontrados en Honduras y Australia. Alternativas en la rotación de nematicidas son sugeridas para disminuir el potencial de que se desarrolle el fenómeno y prevenirlo.

Palabras clave: banano, biodegradación, *Musa AAA*, nematicidas, nematodos.

INTRODUCCIÓN

Los endoparásitos migratorios *Radopholus similis* y *Pratylenchus coffeae*, los ecto-endoparásitos *Helicotylenchus multicinctus* y *H. dihystra* y los endoparásitos sedentarios *Meloidogyne incognita* y *M. javanica* son los más frecuentes y a los cuales se les atribuye pérdidas en rendimiento en el cultivo de banano. Los 4 géneros atacan el sistema radical, y en algunas ocasiones es factible encontrar algunos de ellos en el cormo. En consecuencia se debilita el anclaje de las plantas y en presencia de vientos fuertes las plantas fructificadas de desraízan y caen. Todos los géneros reducen la capacidad de la planta para absorber agua y nutrientes, lo que resulta en racimos de bajo peso y se incrementa el intervalo entre los ciclos de cosecha.

Desde la introducción de aldicarb en los años 1970 (Opperman, 1992), el uso de nematicidas no fumigantes, carbamatos (carbofuran y oxamyl) y organofosforados (ethoprop, fenamiphos, terbufos, cadusafos) ha sido y a la fecha sigue siendo el medio más asequible y eficiente para el control de nematodos en banano. En esa década, se realizaron evaluaciones de esos nematicidas no volátiles en banano (Vilardebo, 1971; Figueroa, 1975; Villacís *et al.*, 1975) lo que conlleva a más de 30 años de uso.

Hoy día continúan siendo los productos comúnmente aplicados para reducir el daño de nematodos en la mayoría de los países productores de banano como Costa Rica (Araya y Cheves, 1997), México (Orozco y Orozco, 1995), Colombia (Jaramillo y Quirós, 1984), Ecuador (Asanza *et al.* 1995), Costa de Marfil (Quénéhervé *et al.* 1991a, 1991b), Filipinas (Boncato y Davide, 1980), Nigeria (Badra y Caveness, 1983), Australia (Pattison *et al.* 1999b). Dicha práctica le ha permitido a los productores desarrollar un cultivo rentable y continuo. El mayor efecto de los nematicidas consiste en modificar el comportamiento de los nematodos y en reducir su reproducción (Van Gundy y McKenry, 1977). Por tanto, los cambios en las poblaciones de nematodos no son repentinos y súbitos. En el caso de *R. similis* en banano se observan cambios en las poblaciones a partir de los 45 días de aplicado un producto. Sin embargo, el uso frecuente de los nematicidas debe asegurar niveles suficientes de ingrediente activo en el suelo, de manera que prevenga el daño y pérdidas por los nematodos.

La eficacia en la aplicación de nematicidas está influenciada por factores bióticos y abióticos (Smelt y Leistra, 1992; Badra y Caveness, 1982; McKenry, 1981; Bromilow *et al.* 1980; Van Gundy y McKenry, 1977). Algunos de dichos factores son controlados por los productores. El nematicida a usar, dosis, forma de aplicación en la superficie del suelo, tiempo de aplicación son factores fácilmente controlables por el productor o usuario,

mientras la temperatura, pH y el contenido de humedad del suelo, la adsorción del producto al suelo, su textura y la microflora del suelo son poco controlables.

Aún cuando Jaramillo (1987), Anderson (1989) y Vilchez (1991) alertaron sobre el potencial de promover una biodegradación inducida de los nematicidas en banano, años más tarde se encontró evidencia de la pérdida de efectividad de la aplicación de nematicidas en dicho cultivo (Anderson *et al.*, 1998; Pattison, 2000; Pattison *et al.* 2000; Araya, 2000; Araya y Lakhi, 2004; Moens *et al.* 2004). Esta pérdida de eficacia de los productos se ha asociado con su degradación acelerada por microorganismos, llamado o conocido el fenómeno como biodegradación.

BIODEGRADACIÓN

Es el fenómeno por el cual un pesticida aplicado a un suelo es degradado por microorganismos que se han adaptado a esas condiciones, consecuencia de su previa exposición al producto o a pesticidas de similar estructura y composición química (Pattison *et al.*, 1999; Racke y Coats, 1988a). Es decir que en banano la biodegradación es el proceso por el cual los nematicidas aplicados al suelo son desdoblados por microorganismos del suelo en metabolitos no tóxicos para los nematodos.

Aparentemente el primer proceso de degradación de los nematicidas es por hidrólisis ya sea química, física o microbial (Johnson, 1998; Jones y Norris, 1998; Davis *et al.*, 1993). Dicha degradación es lo que previene la contaminación de los suelos y aguas subterráneas. Sin embargo, cuando el proceso es acelerado por la presencia de microorganismos adaptados por previas aplicaciones del mismo producto o similares, la descomposición del producto es tan rápida que su efecto residual se reduce drásticamente, perdiéndose su eficacia en el control.

Los microorganismos utilizan dichos productos como fuente de carbono, energía y nutrientes (Racke y Coats, 1987; Tam *et al.*, 1987). Dicho proceso es común en todos los cultivos donde se aplican como: cítricos (Matthiessen, 2001), tomate (Stirling *et al.*, 1992), papa (Ou, 1991; Karpouzas *et al.* 1999), algodón, trigo, maní (Davis *et al.* 1993).

Dicho fenómeno se asocia no solo con los nematicidas, sino también con los insecticidas, herbicidas, fungicidas (Anderson *et al.*, 1998; Racke y Coats, 1988a). En algunos casos microbios adaptados a degradar rápidamente un pesticida específico en un suelo, degradan también pesticidas relacionados químicamente en su composición y estructura. Es así como en el caso de los nematicidas carbamatos se dice que la biodegradación es cruzada. Es decir que microorganismos que degradan carbofuran también pueden degradar otros carbamatos (Racke y Coats, 1988a; Read, 1987). Esto significa que el nematicida carbamato oxamyl (Vydate®) puede potencialmente ser degradado por los microorganismos que degradan el carbofuran y viceversa. En el caso de los organofosforados se indica que la biodegradación es específica (Anderson *et al.*, 1998; Racke y Coats, 1988b, 1987). Es decir que los microorganismos que degradan un organofosforado no son capaces de degradar a otro del mismo grupo. Sin embargo, Anderson (1998) encontró que suelos que degradan fenamifos pueden degradar también otros organofosforados y que suelos que degradan otros carbamatos y organofosforados, también pueden degradar fenamifos. Un ejemplo en los organofosforados es el caso de moléculas de similar estructura como el cadusafos (Rugby®) y ethoprop (Mocap®) que son degradados por los mismos microorganismos (Pattison *et al.*, 1999a).

La diferencia en precios de los nematicidas y las restricciones en los requerimientos del mercado han desencadenado en una muy baja rentabilidad de la actividad bananera, propiciando y forzando a que algunos bananeros apliquen el nematicida más barato. El uso consecutivo de un mismo ingrediente activo incrementa la probabilidad de que se desarrolle la biodegradación acelerada.

MICROORGANISMOS INVOLUCRADOS

La biodegradación de pesticidas por microorganismos aislados del suelo está bien documentado en la literatura. Bacterias individuales como la *Pseudomonas* spp. (Rosenberg y Alexander, 1979; Serdar *et al.*, 1982; Sheela y Pai, 1983) y *Flavobacterium* sp. (Sethunathan y Yoshida, 1973) y los hongos *Trichoderma viride* (Matsumura y Boush, 1968) y *Penicillium waksmani* (Rao y Sethunathan 1974) se relacionaron con la degradación de ciertos pesticidas. También se cita la degradación por efecto sinérgico de dos o más microorganismos como el *Arthrobacter* sp. con *Streptomyces* sp. (Gunner y Zuckerman, 1968).

Karns *et al.*, (1986) encontró que un *Achromobacter* sp. aislado de suelo tratado con carbofuran hidroliza también otros carbamatos. Read (1987) encontró un *Penicillium* y las bacterias *Arthrobacter*, *Pseudomonas*,

Nocardia, *Achromobacter* y *Bacillus* spp. degradando aldicarb. El carbofuran es degradado por varios tipos de actinomicetos (Felsot *et al.*, 1982). En la biodegradación de organofosforados se incluye *Flavovacterium* spp., *Pseudomonas* spp. *Arthrobacter* sp., *Corynebacterium* sp. y *Streptomyces* sp. (Racke y Coats 1988b).

POBLACIONES DE MICROORGANISMOS

En suelos con historial de aplicaciones de carbamatos donde el 82-91% de carbofuran se degradó en menos de 8 días se encontró entre 1.5×10^5 y 7.4×10^7 microorganismos / gramo de suelo, mientras en suelo no tratado fue de 0.5×10^5 (Racke y Coats, 1988a). Read (1987) en condiciones de degradación de aldicarb, encontró en conteos totales de bacterias poblaciones de 15×10^6 .

INTERVALOS DE TIEMPO PARA APLICACIONES SUCESIVAS DE UN MISMO NEMATICIDA

En suelos de Australia la permanencia de microorganismos responsables de degradar fenamifos alcanzó cerca de los tres años después de su última aplicación (Stirling *et al.*, 1992). Igualmente en suelos de Florida EU se ha detectado que después de una aplicación con fenamifos (Nemacur) los microorganismos que lo degradan permanecen en el suelo cerca de los 4 años (Ou, 1991). En suelos bananeros de Australia los organismos responsables de degradar fenamifos permanecieron en el suelo hasta por 16 meses en suelos ligeramente ácidos y hasta los 24 meses en suelos secos y alcalinos (Anderson, 1998). Es decir que el tiempo depende de las condiciones del suelo y el tipo de molécula. Lo más aconsejable sería manejar un programa de rotación de moléculas o en su defecto realizar análisis de biodegradación de los posibles productos a usar antes de su selección.

EFFECTO DE LAS DOSIS

Read (1987) en experimentos con subdosis y sobredosis de nematicida encontró que las subdosis aceleran su biodegradación perdiéndose el control, mientras sobredosis la retardan aumentando el efecto residual. Sin embargo, sobredosis de un nematicida pueden implicar un costo extra innecesario y potencialmente puede ocurrir mayor contaminación del medio. Adicionalmente, en el caso de nematicidas sistémicos de alta movilidad, puede tenerse el riesgo de residuos del producto en los frutos.

EXPERIENCIA EN BANANO

Todos los nematicidas que tienen aprobación para uso en banano han mostrado ser sujetos de degradación microbial (Pattison, 2000; Anderson *et al.*, 1998). En Australia, Pattison y Versteeg (2000) encontraron en suelos tratados con terbufos que su eficacia fue de tan solo un 8% en suelo no esterilizado y de un 46% en suelo esterilizado. Felsot (1998) encontró que en suelos cultivados de banano de Honduras, con una segunda aplicación de terbufos la biodegradación ocurrió en 15 días, mientras en suelos de Costa Rica después de 2 aplicaciones no se detectó. La degradación de Nemacur® también se ha confirmado en suelos bananeros de Australia (Pattison *et al.*, 2000) y se determinó que los microorganismos involucrados no degradan el cadusafos (Rugby®).

En suelos bananeros de Australia la biodegradación de terbufos y ethoprop ocurrió después de tres aplicaciones consecutivas, mientras en cadusafos apareció después de su quinta aplicación, mientras el oxamyl continuo reduciendo las poblaciones de nematodos aún después de 5 aplicaciones consecutivas (Pattison, 2000). El tiempo detectado en Counter® concuerda con lo reportado por Little *et al.*, (1992) quienes en el cultivo de maíz no encontraron diferencias en los contenidos residuales de terbufos de suelos expuestos a aplicaciones anuales de Counter® 15 G por tres años y suelos nunca tratados con dicho nematicida.

En Costa Rica, en condiciones experimentales de campo se encontró biodegradación de Counter®, Furadan®, Mocap® y Rugby® después de la primera aplicación de los productos en un suelo con pH 5,8 y de textura franco arcilloso (21% arena, 44% limo y 35% arcilla) cultivado por primera vez con banano (Figura 1). Dicho tiempo concuerda con lo encontrado por Matthiessen (2001) en cítricos donde el fenómeno se detectó después de una aplicación de fenamifos realizada al voleo sobre la superficie o en riego por goteo y después de dos aplicaciones de cadusafos en riego por goteo.

En otro experimento de campo (Moens *et al.* 2004) donde se evaluó cinco aplicaciones consecutivas de un mismo producto en comparación con la rotación de moléculas y un testigo sin nematicida se observó

biodegradación con el uso continuo de Furadan®, Mocap®, Rugby® y Nematicur®. El mejor control de nematodos se logró con las aplicaciones consecutivas de Vydate® y la rotación racional de las moléculas aprobadas para uso en banano.

Los resultados de la evaluación de cosecha a los 24 meses de la primera aplicación de los tratamientos (Cuadro 1) reveló que la rotación de moléculas nematicidas que tiene un costo intermedio, es el que produce la mayor rentabilidad. A pesar de la biodegradación observada, aún se obtuvo aumentos en el peso del racimo. Esto se debe a que la sanidad del sistema radical no se deteriora de inmediato y las poblaciones de nematodos no se incrementan abruptamente de repente, sino que es un proceso progresivo que se acentúa entre los 12 y 18 meses de iniciada la pérdida de eficacia. Es decir, que en experimentos con este enfoque conducidos por mayor tiempo, la diferencia esperada entre la rotación y el uso continuo de una misma molécula sería mucho mayor. En Australia (Stanton y Pattison, 2000) también encontraron aumentos en cosecha después de 5 aplicaciones consecutivas de un mismo nematicida. También en congruencia con los resultados de CORBANA, Pattison y Cobon (2003) reportan una mayor producción cuando se rotan las moléculas nematicidas en comparación con aplicaciones consecutivas del mismo ingrediente activo.

En bioexperimentos siguiendo la metodología descrita por Pattison *et al.*, (2000) y utilizando muestras de suelo de un experimento de campo con tres aplicaciones sucesivas de un mismo nematicida, Araya (2000) comprobó la biodegradación progresiva de Nematicur®, Furadan® y Mocap® (Figura 2). Sin embargo, el promedio de las 5 evaluaciones (0, 2, 4, 6 y 8 semanas) del bioexperimento reveló la pérdida de eficacia de los nematicidas en el control de *R. similis* (Figura 3). La eficacia fue del 88, 99 y 51% para suelos esterilizados y tratados con Nematicur®, Furadan® y Mocap®, respectivamente (Figura 4). En los suelos no esterilizados y tratados con los mismos nematicidas, la eficacia fue de 48, 5 y 6% para Nematicur®, Furadan® y Mocap®, respectivamente, lo que evidencia claramente que los microorganismos presentes en el suelo desdoblaron el nematicida a sustancias no tóxicas para los nematodos.

COMO PREVENIR LA BIODEGRADACIÓN

Experimentos de campo y laboratorio (Anderson, 1998; Racke y Coats, 1988a, 1988b, Pattison y Cobon, 2003; Moens *et al.* 2004) han demostrado que la alternancia de los nematicidas es la única opción asequible para disminuir la pérdida de eficacia de los nematicidas inducida por la acción de microorganismos. Por tanto, la alternancia de todas las moléculas que dispongan de aprobación para su uso en banano (Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos y de Codex Alimentarius Commission (CAC) de las Naciones Unidas) es indispensable para garantizar adecuados niveles de control y eficacia. Las aplicaciones se recomienda decidir las en base a monitoreos periódicos de las poblaciones de nematodos y contenidos de raíces. La sección de nematología de CORBANA S.A. considerando las características físico químicas (Cuadro 2) de los nematicidas disponibles para utilizar en banano y la experiencia acumulada de aplicaciones de dichos productos a diferentes precipitaciones recomienda su aplicación adaptándola según el cuadro 3 y sugiere la alternancia de moléculas expuesta en el cuadro 4.

Cuadro 1. Peso (kg) del racimo y número de manos por racimo de banano (*Musa* AAA cv. Grande Naine) y proyección de rendimientos y rentabilidad de la aplicación de nematicida.

Nematicida	Peso (kg) racimo	Número manos	Tm/ha/año	Diferencia con testigo	Costo US\$ / ha / año nematicida	Utilidad US\$ / ha
Bioquín 15G	31,1	7,3	63,8	19,5	277	3.255
Counter 15FC	30,9	7,3	63,4	19,1	326	3.132
Furadan 10G	25,7	6,5	52,7	8,4	466	1.058
Mocap 15G	31,3	7,3	64,2	19,9	358	3.253
Nemacur 10G	29,8	7,2	61,1	16,8	414	2.635
Rugby10G	29,9	7,4	61,3	17	434	2.651
Rotación	31,4	7,5	64,4	20,1	400	3.430
Vydate24SL	30,6	7,2	62,8	18,5	423	2.934
Testigo	21,6	5,9	44,3			
Probabilidad	0,0001	0,0006				

Valores son promedios de 60 racimos (15 racimos x 4 repeticiones)

Estimaciones se basan en el ratio promedio de la finca de 1,15 cajas por racimo, 1.700 plantas efectivas por hectárea, un retorno (número de racimos en el año por unidad de producción) de 1,5 y una merma del 30%.

Cada nematicida se aplicó 5 veces en forma consecutiva a intervalos de 4 meses. La rotación fue Nemacur-Counter-Furadan-Rugby y Mocap.

Y= peso racimo * ratio * retorno * unidades efectivas producción * 0.70% aprovechamiento. Precio venta por caja de 18.14 kg = US\$5,4 * 55 cajas (Tm) = \$297. Empaque + transporte + muellaje US\$2,1 por caja = \$115,5 Tm \$297-115,5= \$181,5 / Tm.

Cuadro 2. Características físico-químicas de los nematicidas aprobados por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y Codex Alimentarius Commission (CAC) de las Naciones Unidas para uso en banano (*Musa* AAA)

Nematicida	Solubilidad (ppm)	Mobilidad	Acción
Cadusafos	248	Poco móvil	
Contacto			
Carbofuran	350	Móvil	
Sistémico			
Ethoprofos	750	Moderada	Sistémico
Fenamiphos	450	Moderada	
Sistémico			
Oxamyl	28000	Muy móvil	
Sistémico			
Terbufos	5,5	Inmóvil	
Sistémico			

Cadusafos = Rugby®; Carbofuran = Furadan®; Ethoprofos = Mocap®; Fenamiphos = Nemacur®; Oxamyl = Vydate® y Terbufos = Biosban, Bioquín, Counter® o Forater.

Cuadro 3. Recomendación para la aplicación de nematicidas según la precipitación mensual (mm) y mes del año

Nematicida	Precipitación		Mes		
	75 ≤ 200 mm	200 ≤ 350 mm	Enero–abril	Mayo–septiembre	Octubre–diciembre
Cadusafos			X		X
Carbofuran	X			X	X
Ethoprofos	X			X	X
Fenamiphos			X		X
Oxamyl	X			X	
Terbufos			X		X

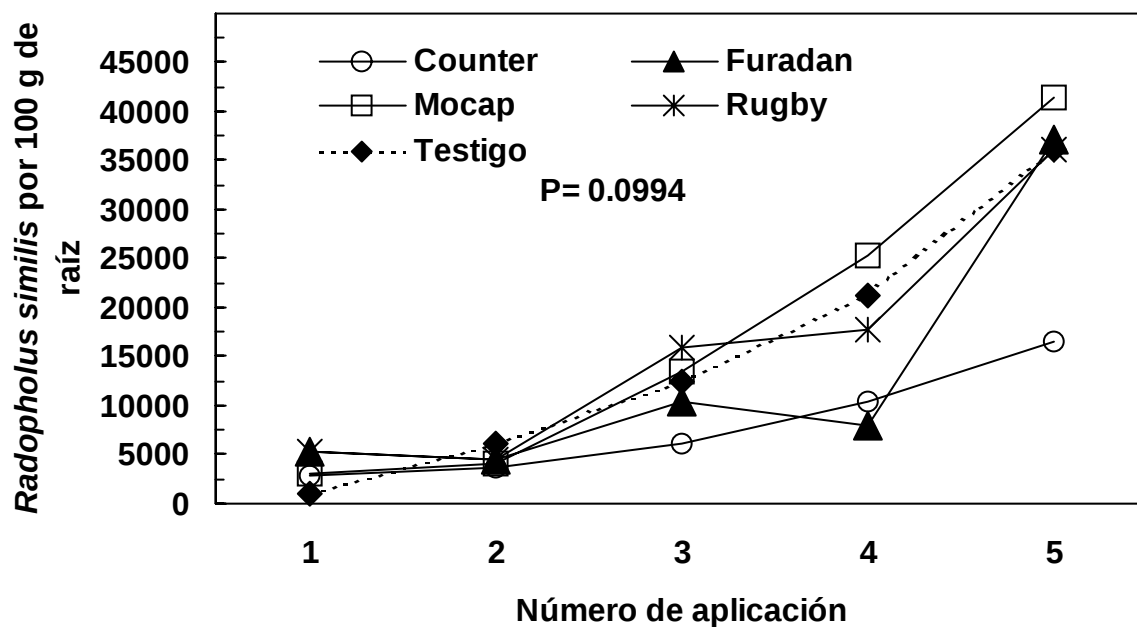
Cadusafos = Rugby®; Carbofuran = Furadan®; Ethoprofos = Mocap®; Fenamiphos = Nemacur®; Oxamyl = Vydate® y Terbufos = Biosban, Bioquín, Counter® o Forater.

Cuadro 4. Opciones de alternancia de los nematicidas aprobados por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y Codex Alimentarius Commission (CAC) de las Naciones Unidas para uso en banano (*Musa AAA*)

Año I			Año II		
Enero-Abril	Mayo-septiembre	Octubre-diciembre	Enero-abril	Mayo-septiembre	Octubre-diciembre
O	E	T	CB	F	CD
O	E	T	CB	CD	F
O	F	T	E	CB	CD
CB	E	T	O	F	CD
CB	F	CD	O	E	T
CB	E	F	O	CD	T
E	CB	T	O	CD	F
E	CB	T	O	F	CD

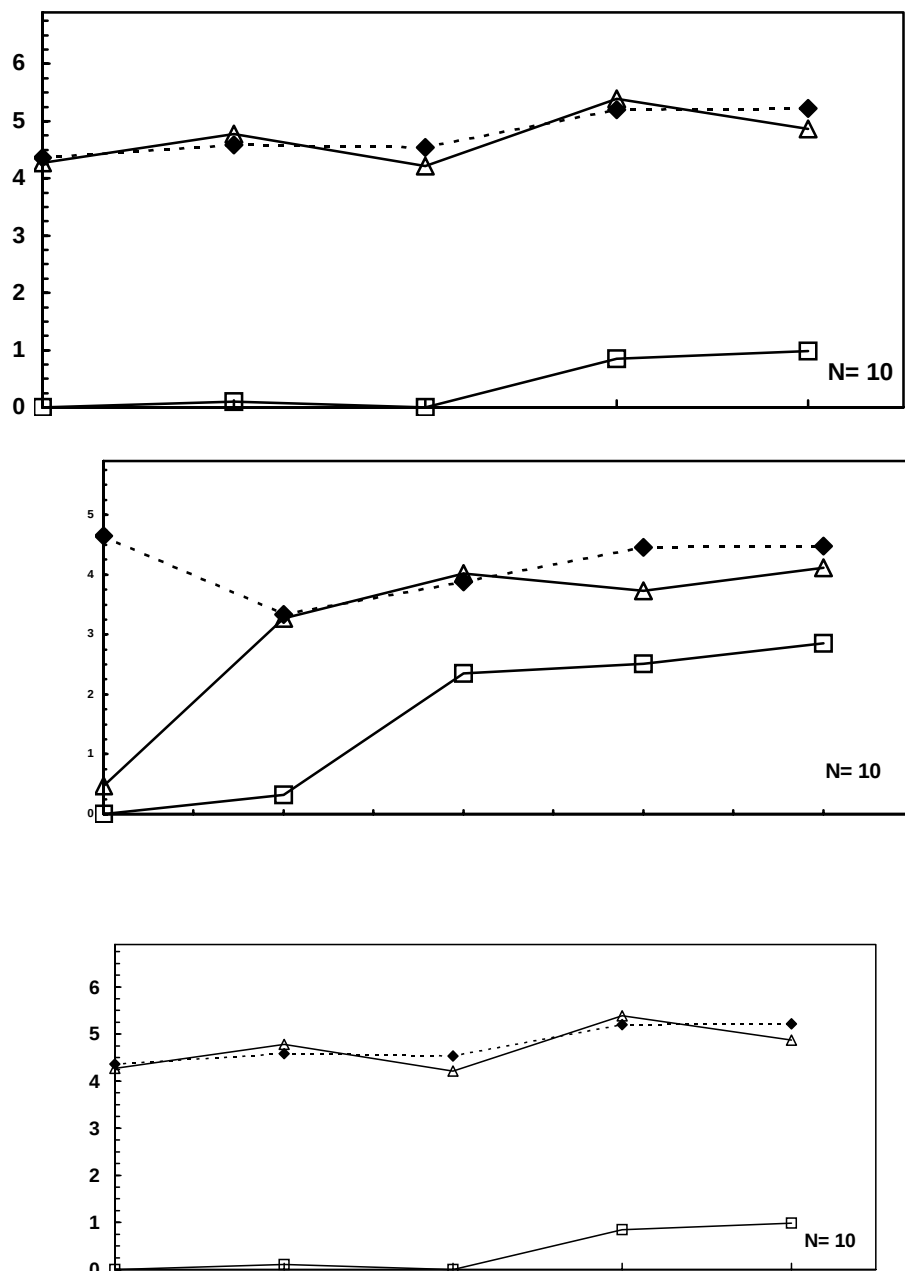
CD = Cadusafos (Rugby®); CB= Carbofuran (Furadan®); E= Ethoprofos (Mocap®); F= Fenamiphos (Nemacur®); O= Oxamyl (Vydate®) T= Terbufos (Biosban, Bioquín, Counter® o Forater).

Figura 1. Desarrollo de la población de *Radopholus similis* a través de cinco aplicaciones consecutivas del mismo nematicida



Los datos son el promedio de 4 evaluaciones en cada aplicación. La primera evaluación se realizó el día antes de la aplicación de nematicida y luego a los 30, 60 y 90 días después de la aplicación. Cada evaluación incluye 6 repeticiones y en cada repetición la muestra procede de 5 plantas. Cada punto es el promedio de 24 observaciones (4 evaluaciones * 6 repeticiones)

Figura 2. Recuperación de *Radopholus similis* en raíces de maíz 7 días después de sembradas e inoculadas con 500 nematodos en 70 g de suelo bananero. Las plantas fueron sembradas a intervalos de 2 semanas en suelo con tres aplicaciones consecutivas de un mismo nematicida. Cada punto es el promedio de 10 repeticiones. A: Nemacur®, B: Furadan® y C: Mocap®



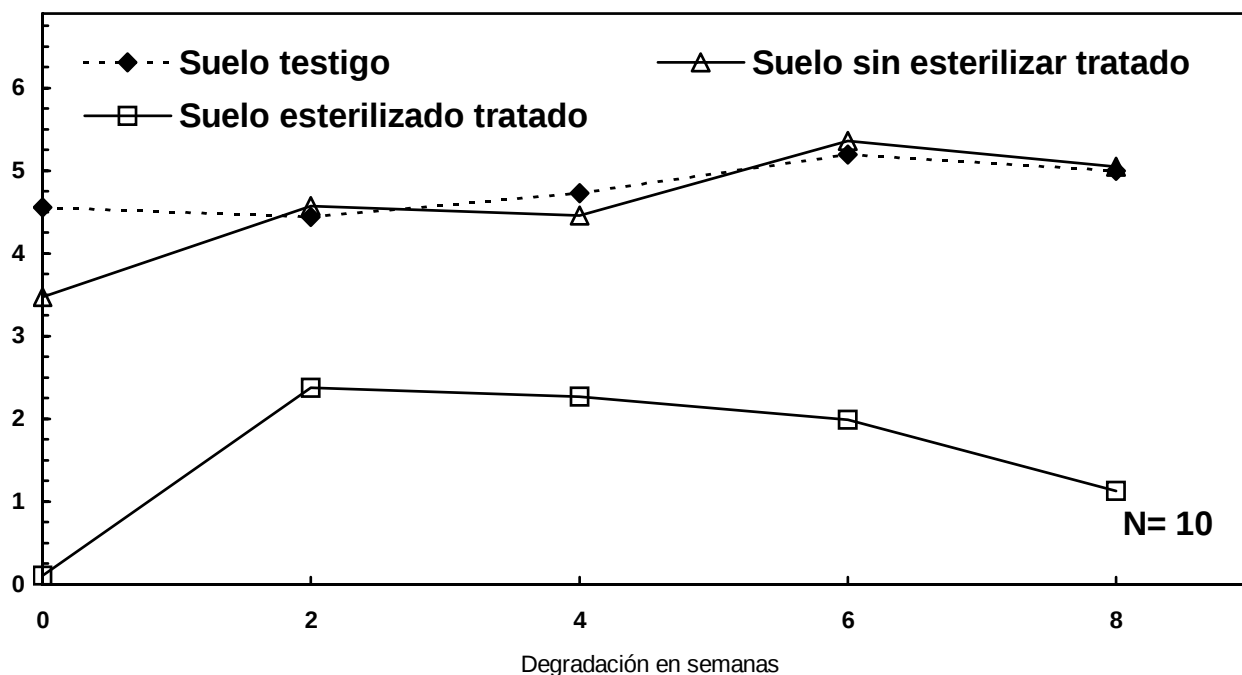


Figura 3. Número de *Radopholus similis* en raíces de maíz 7 días después de sembradas e inoculadas con 500 nematodos en 70 g de suelo bananero. Las plantas fueron sembradas a intervalos de 2 semanas en suelo con tres aplicaciones consecutivas de un mismo nematicida. Cada barra es el promedio de 50 observaciones (5 evaluaciones a las 0, 2, 4, 6 y 8 semanas por 10 repeticiones en cada evaluación)

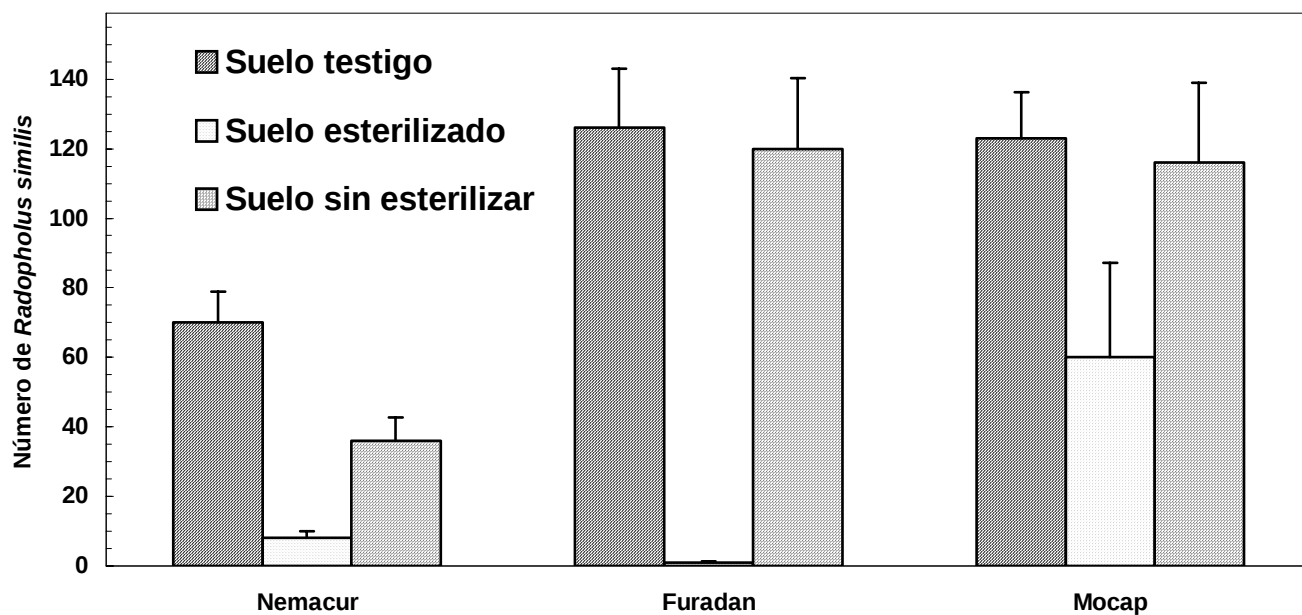
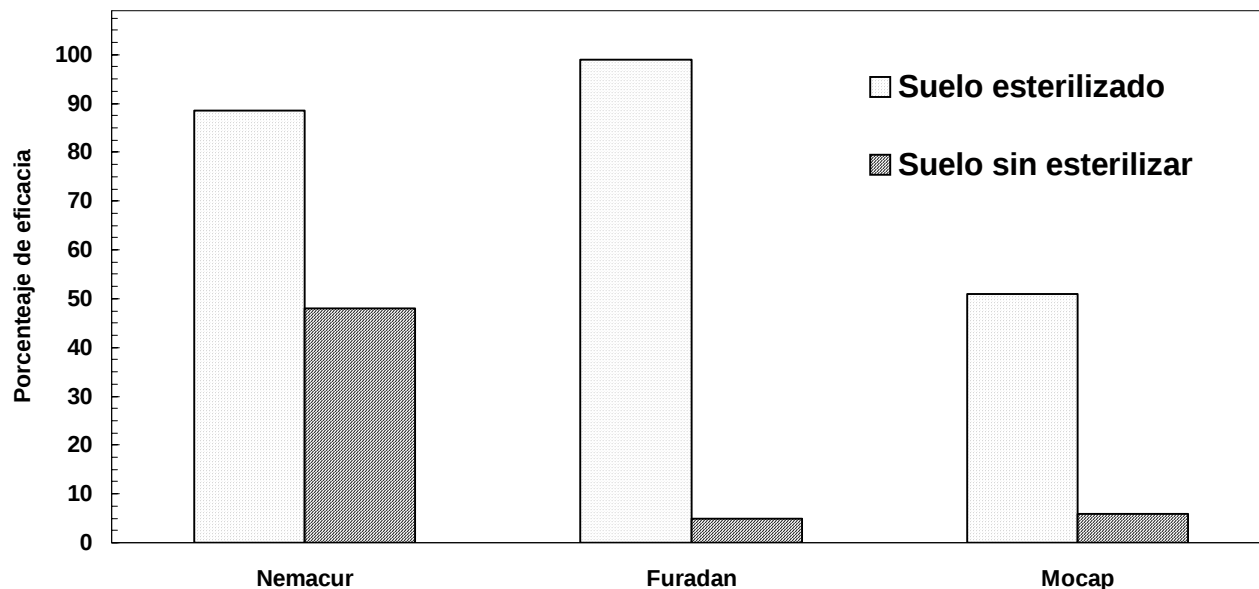


Figura 4. Porcentaje de eficacia en el control de *Radopholus similis* en suelos con tres aplicaciones consecutivas del mismo nematicida. Eficacia = $\frac{\text{número de } Radopholus \text{ similis en el suelo testigo} - \text{número de } Radopholus \text{ similis en el tratamiento}}{\text{número de } Radopholus \text{ similis en el suelo testigo}} \times 100\%$



LITERATURA CITADA

Araya, M. y Lakhi, A. 2004. Response to consecutive nematicide application using the same product in *Musa AAA* cv. Grande Naine originated from in vitro propagative material and cultivated on a virgin soil. *Nematologia Brasileira*.

Araya, M. 2000. La biodegradación de nematicidas en banano (*Musa AAA*). *CORBANA* 26(53):63-74.

Araya, M. y Cheves, A. 1997. Comparación de tres diferentes formulaciones comerciales de terbufos en el combate de nematodos, la recuperación del sistema radicular y el rendimiento del banano (*Musa AAA*). *CORBANA* 22(48):9-22.

Anderson, J.P.E. 1998. Accelerated microbial degradation of crop protection products in soils. P:59. *In: Proceedings International Conference on Pesticide Use in Developing Countries: Impact on Health and Environment*, 23-28 February, 1998. San José, Costa Rica.

Anderson, J.P.E.; Nevermann, K. and Haidt, H. 1998. Accelerated Microbial Degradation of Nematicides in Soils: Problem and its Management. Pp:568-585. *In: XIII reunión ACORBAT* Ecuador.

Anderson, J.P.E. 1989. Accelerated microbial degradation of nematicides and other plant protection chemicals in soils. *Nematropica*. 19:1.

Asanza, P.; Venegas, E. y Behm, J. 1995. Uso continuo de Counter (Terbufos) para controlar *Radopholus similis* en banano en el Ecuador. Pp:489-494. *In: XI reunión ACORBAT*, San José, Costa Rica.

Badra, T. and Caveness, F.E. 1983. Effects of dosage sequence on the efficacy of nonfumigant nematicides, plantain yields, and nematode seasonal fluctuations as influenced by rainfall. *Journal of Nematology* 15(4):496-502.

- Boncato, A.A. and Davide, G.R. 1980. *Radopholus similis* on Cavendish banana in Davao del Norte: II. Laboratory and field evaluation of nematicides for *R. similis* control. Phil. Agr. 63:147-155.
- Bromilow, H.R.; Baker, J.R.; Freeman, H.A.M. and Gorog, K. 1980. The degradation of Aldicarb and Oxamyl in soil. Pestic. Sci 11:371-378.
- Davis, R.F.; Johnson, A.W. and Wauchope, R.D. 1993. Accelerated degradation of fenamiphos and its metabolites in soil previously treated with fenamiphos. Journal of Nematology. 25(4):679-685.
- Felsot, A.S. 1998. Enhanced biodegradation of nematicides in Soils from Central American banana plantations. In: Proceedings International Conference on Pesticide Use in Developing Countries: Impact on Health and Environment, 23-28 February, 1998. San José, Costa Rica P:60.
- Felsot, A.S.; Wilson, J.G.; Kuhlman, D.E. and Steffet, K.L. 1982. Rapid dissipation of carbofuran as a limiting factor in corn rootworm (*Coleoptera: Chrysomelidae*) control in fields with histories of continuous carbofuran use. Journal of Economic Entomology 75(6):1098-1103.
- Gunner, H.B. and Zuckerman, B.M. 1968. Degradation of "diazinon" by synergistic microbial action. Nature 217:1183-1184.
- Figuerola, A. 1975. Cinco nematicidas en el control de *Radopholus similis* (Cobb) Thorne en la zona bananera de Guápiles. Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica. Boletín Técnico No. 64. 24p.
- Jaramillo, R. 1987. Comments on nematological research on *Musa* spp in Latin America and the Caribbean. Pp:41-46. In: Nematodes and the borer weevil in bananas, present status of research and outlook. Proceedings of a workshop held in Bujumbura, Burundi. INIBAP.
- Jaramillo, C.R. y Quirós, J. 1984. Evaluación de cinco nematicidas en el control de *Radopholus similis* (Cobb) Thorne en la zona bananera de Uraba, Colombia. Augura 10(2):73-88.
- Johnson, A.W. 1998. Degradation of fenamiphos in agricultural production in soil. Supplement to the Journal of Nematology 30(1):44-44.
- Jones, R.L. and Norris, F.A. 1998. Factors affecting degradation of Aldicarb and Ethoprop. Journal of Nematology. 30(1):45-55.
- Karns, J.S.; Mulbry, W.W.; Nelson, J.O. and Kearney, P.C. 1986. Metabolism of carbofuran by a pure bacterial culture. Pestic. Biochem. Physiol. 25:211-217.
- Karpouzias, G.D.; Giannakou, O.I.; Walker, A. and Gowen, R.S. 1999. Reduction in biological efficacy of ethoprophos in a soil from Greece due to enhanced biodegradation: comparing bioassay with laboratory incubation data. Pesticide Science 55:1089-1094.
- Little, R.J.; Devine, J.M.; Tenne, F.D.; Walgenback, P.J. and Belcher, D.W. 1992. Performance of Terbufos on Corn rootworm (*Coleoptera: Chrysomelidae*) in the Corn Belt. Journal of Economic Entomology 85(4):1413-1424.
- McKenry, V.M. 1981. The nature, mode of action, and biological activity of nematicides. Pp:59-73. In: Pimentel, D. ed. CRC handbook of pest management in agriculture. CRC, Florida. Matsumura, F. and Boush, G.M. 1968. Degradation of insecticides by a soil fungus, *Trichoderma viride*. Journal of Economic Entomology. 61:610-612.
- Matthiessen, J. 2001. Accelerated degradation of nematicides used in citrus in South Africa. How Degrading, CSIRO 3, september: p 1.
- Moens, T.; Araya, M.; Swennen, R. and De Waele, D. 2004. Enhanced biodegradation of nematicides after repetitive applications and its effect on root and yield parameters in commercial banana plantations. Biol Fertil Soils 39:407-414.

- Opperman, C.H. 1992. The molecular basis of differential nematode sensitivity to nematicides. Pp:60-72. In: Gommers, F.J. and Maas, W.T.P. eds. Nematology from molecule to ecosystem. Proceedings Second International Nematology Congress. The Netherlands.
- Ororzo, J. y Orozco, M. 1995. Control del nematodo *Radopholus similis* en banano en el Pacífico Centro de México. Pp:475-481. In: XI reunión ACORBAT, 1994, San José, Costa Rica.
- Ou, L.T. 1991. Division S-3 soil microbiology & biochemistry. Soil Sci. Soc. Am. J. 55:716-722.
- Pattison, T. and Cobon, J.A. 2003. Refined nematicide application regimes. Pp:6-27. In: Integrated systems for managing nematodes on bananas. Final Report. Queensland Department of Primary Industries, Australia.
- Pattison, T. 2000. Biodegradation of nematicides used in bananas. How Degrading, CSIRO 2, october: p 2.
- Pattison, T. and Versteeg, C. 2000. Enhanced biodegradation of terbufos. BANANATOPICS 29:16-17.
- Pattison, A.B.; Stanton, J.M. and Cobon, J.A. 2000. Bioassay for enhanced biodegradation of nematicides in soil. Australasian Plant Pathology. 29:52-58.
- Pattison, T.; Matthiessen, J.; Anderson, J.; Araya, M. and Versteeg, C. 1999. Enhanced biodegradation of nematicides: which nematicide did you use last?. Australian Banana Growers' Council Inc. 6:22-23.
- Pattison, T.; Stanton, J. and Versteeg, C. 1999b. Nematicides: are they worth it?. Bananatopics 27:11-13.
- Quénéhervé, P.; Mateille, T. and Topart, P. 1991a. Effect of cadusafos compared with three other non-fumigant nematicides on the control of nematodes and on the yield of banana cv. Poyo in the Ivory Coast. Revue Nématol 14(2):207-211.
- Quénéhervé, P.; Cadet, P.; Mateille, T. and Topart, P. 1991b. Population of nematodes in soils under bananas, cv. Poyo, in the Ivory Coast. 5. Screening of nematicides and horticultural results. Revue Nématol 14(2):231-249.
- Racke, K.D. and Coats, J.R. 1988a. Enhanced degradation and the comparative fate of carbamate insecticides in soil. J. Agric. Food Chem. 36:1067-1072.
- Racke, K.D. and Coats, J.R. 1988b. Comparative degradation of organophosphorus insecticides in soil: specificity of enhanced microbial degradation. J. Agric. Food Chem. 36:193-199.
- Racke, K.D. and Coats, J.R. 1987. Enhanced degradation of Isofenphos by soil microorganisms. J. Agric. Food Chem. 35:94-99.
- Rao, A.V. and Sethunathan, N. 1974. Degradation of parathion by *Penicillium waksmani* Zaleski isolated from flooded acid sulphate soil. Archives of Microbiology. 97:202-208.
- Read, D.C. 1987. Greatly accelerated microbial degradation of Aldicarb in re-treated field soil, in flooded soil, and in water. Journal of Economic Entomology 80(1):156-163.
- Rosenberg, A. and Alexander, M. 1979. Microbial cleavage of various organophosphorus insecticides. Applied and Environmental Microbiology. 37:886-891.
- Serdar, C.M.; Gibson, D.T.; Munnecke, D.M. and Lancaster, J.H. 1982. Plasmid involvement in parathion hydrolysis by *Pseudomonas diminuta*. Applied and Environmental Microbiology. 44:246-249.
- Sethunathan, N. and Yoshida, T. 1973. A *Flavobacterium* sp. that degrades diazinon and parathion. Canadian Journal of Microbiology. 19:873-875.

Sheela, S. and Pai, S.B. 1983. Metabolism of fensulfothion by a soil bacterium, *Pseudomonas alcalignes* C₁. Applied and Environmental Microbiology. 46:475-479.

Smelt, J.H. and Leistra, M. 1992. Availability, movement and (accelerated) transformation of soil-applied nematicides. Pp:266-280. In: Gommers, F.J. and Maas, W.T.P. eds. Nematology from molecule to ecosystem. Proceedings Second International Nematology Congress. The Netherlands.

Stanton, M.J. and Pattison, B.A. 2000. Comparison of registered nematicides. Pp:7-18. In: Implementing strategic control of nematodes on banana. Final Report. Queensland Department of Primary Industries, Australia.

Stirling, A.M.; Stirling, G.R. and Macrae, I.C. 1992. Microbial degradation of fenamiphos repeated application to a tomato-growing soil. Nematologica 38:245-254.

Tam, A.C.; Behki, R.M. and Khan, S.U. 1987. Isolation and characterization of an S-Ethyl-N,N-dipropylthiocarbamate-degrading *Arthobacter* strain and evidence for plasmid-associated S-Ethyl-N,N-dipropylthiocarbamate degradation. Appl. Environ. Microbiol. 53:1088-1093.

Van Gundy, S.D. and McKenry, M. 1977. Action of nematicides. Pp:263-283. In: Horsfall J.G.; Cowling E.G. eds. Plant Disease, and advanced treatise, vol 1. Academic Press, New York.

Vílchez, R.H. 1991. Situación actual del combate de nematodos en plantaciones de banano en Costa Rica. Pp:75-76. In: Informe anual Dirección de Investigaciones, CORBANA.

Villacís, J.; Valarezo, O.; Carrillo, J.; Quimí, V.H. y Arauz, V. 1975. Control químico del nematodo *Radopholus similis* en plantaciones establecidas de banano. Pp:20-21. In Informe técnico de banano 1975. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Ecuador.

Vilardebo, A. 1971. Nematicur para el control de nematodos en bananos en el Africa Occidental. PFLANZENSCHUTZ-NACHRICHTEN BAYER 24(1):159-175. Nematicur 1968 Vilardebo 1971, Aldicarb 1970

REACION DE diploides (AA) en banano a *RADOPHOLUS SIMILIS*

Dilson Da Cunha Costa¹¹, Juvenil Enrique Cares², Antonio Carlos Gomes³, Ravi Datt Sharma⁴, Sebastião De Oliveira E Silva⁵

ABSTRACT

The evaluation of resistance to *Radopholus similis* was carried out under greenhouse conditions for 26 banana diploids (AA) and the cultivars Caipira and Nanicão from the banana active germplasm bank at *Embrapa Cassava & Fruits*. The diploids (AA) Niyarma Yik, NBA-14, Malbut, Cici, Mambee Thu, F3P4, Fako Fako, Jambi and N° 118 presented partial resistance and PA Songkla resistance to *R. similis*. Hence, these genotypes are promising ones for the genetic improvement of banana plants aiming at resistance to that nematode. With respect to the cultivars evaluated, 'Nanicão' was susceptible and 'Caipira' showed partial resistance to the nematode.

RESUMEN

La evaluación de la resistencia a *Radopholus similis* ha sido realizada en condiciones de invernadero en 26 diplóides (AA) y en los cultivares (AAA) "Caipira" y "Nanicão" de bananos pertenecientes al banco de germoplasma de banano de la *Embrapa Mandioca Fruticultura*. Los diplóides (AA) Niyarma Yik, NBA-14, Malbut, Cici, Mambee Thu, F3P4, Fako Fako, Jambi y N° 118 presentaron resistencia parcial y el PA Songkla fue resistente a *R. similis*. Por lo tanto, estos genotipos pueden ser considerados promisoros para el mejoramiento del banano buscando la resistencia a este nematodo. En relación a las cultivares, la "Nanicão" fue susceptible y la "Caipira" tuvo parcial resistencia a la plaga.

Palabra clave: *Musa* spp., resistencia, nematodo cavernícola.

INTRODUCCION

Perdidas económicas debido a *Radopholus similis* pueden alcanzar patamares superiores a 50%, siendo necesarias aplicaciones regulares de nematocidas (Gowen, 1995). Los productos normalmente usados para controlar nemátodos son siempre muy tóxicos. Por otro lado, resistencia *Musa* spp. Es relatada en el diplóide del banano, 'Pisang Jari Buaya' (*Musa* AA) (Pinochet & Rowe, 1978) y en triplóide 'Caipira' (*Musa* Ibota AAA) (Fogain & Gowen, 1998). Además de esas fuentes de para *R. similis*, varias otras han sido divulgadas, siendo sin embargo, necesarias una confirmación de estos relatos (Afreh-Nuamah *et al.*, 1996).

La base genética de resistencia a *R. similis* en banano aun no ha sido establecida. Aun así, estudios preliminares demostraron que la resistencia a *R. similis* en 'Pisang Jari Buaya' sea controlada por uno o mas genes dominantes (Pinochet, 1988). El trabajo tuvo por objetivo evaluar diplóides para resistencia a *R. similis*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Mudas producidas por seccionamiento de rizomas de los cultivares triplóides (AAA) Nanicão (patrón de susceptibilidad) y Caipira (patrón de parcial resistencia) y de 26 genótipos diplóides (AA) de bananos (Tabla 1) fueron transplantadas para maceteros de 1 litro de capacidad conteniendo suelo esterilizado e inoculadas durante el transplante, con 1.000 individuos de *R. similis* (adultos y juveniles)/macetero, obtenidos por multiplicación in Vitro en discos de zanahoria (O'Bannon & Taylor, 1968). Las plántulas permanecieron por 90 días en el invernadero, con temperaturas media mínima y máxima de 18 °C y 36 °C, respectivamente, cuando los niveles poblacionales de *R. similis* en las raíces, rizomas y en el suelo fueron determinados después de la extracción de los nemátodos por los métodos modificados de Coolen & D'Herde (1972) y Jenkins (1964) respectivamente, siendo entonces calculados el número total final de nematodos y el factor de reproducción (FR=población final/población inicial). Para los análisis de la variancia, los datos originales fueron transformados en log (x + 1) y las medias comparadas por la prueba de Scott Knott a 1%. La reacción de los genotipos siguió la escala de porcentaje de reducción del factor de reproducción (FR) (Sasser *et al.*, 1987) (Tabla 2).

¹¹ Investigador, DSc. Nematología, de la Embrapa Mandioca Fruticultura, Caja Postal 007, CEP.44.380-000, Cruz das Almas, BA.

² Investigador, PhD. Nematología, Universidade de Brasília, Caja Postal 4457, CEP. 70.910-900, Brasília, DF.

³ Investigador, DSc. Estadística, de la Embrapa Cerrados, Caja Postal 08223, CEP.73.301-970, Planaltina-DF.

⁴ Investigador, PhD. Nematología, de la Embrapa Cerrados, Caja Postal 08223, CEP.73.301-970, Planaltina-DF.

⁵ Investigador, DSc. Mejorador, de la Embrapa Mandioca Fruticultura, Caja Postal 007, CEP.44.380-000, Cruz das Almas, BA.

Tabla 1. Diplóides simples, cultivares e híbridos de bananos diplóides (AA) y triplóides (AAA) evaluados en cuanto a la resistencia a *Radopholus similis* en invernaderos.

Genotipos	Grupo geonómico	Origen
PA Phathalung	AA (DS)	Tailandia
Tambi	AA (DS)	Indonesia
PA Musore 2	AA (DS)	Tailandia
PA Songkla	AA (DS)	Francia
Buitenzorg	AA (DS)	Jamaica
Jambi	AA (DS)	Indonesia
Krasan Saichon	AA (DS)	Tailandia
Cici	AA (DS)	Indonésia
Zebrina	AA (DS)	Hawái
Microcarpa	AA (DS)	Francia
Perak	AA (DS)	Malasia
Nº 118	AA (DS)	Tailandia
M-61	AA (H)	Ecuador
F2P2	AA (H)	Ecuador
F3P4	AA (H)	Ecuador
Berlin	AA (C)	Indonésia
Raja Uter	AA (C)	Indonésia
Fako Fako	AA (C)	Nueva Guinea
Tongat	AA (C)	Honduras
Niyarma Yik	AA (C)	Nueva Guinea
Lidi	AA (C)	Honduras
Mambee Thu	AA (C)	Nueva Guinea
Pisang Jari Buaya	AA (C)	Honduras
Malbut	AA (C)	Nueva Guinea
NBA-14	AA (C)	Nueva Guinea
Sowmuk	AA (C)	Nueva Guinea
Caipira	AAA (C)	Francia
Nanicão	AAA (C)	IAC/SP/Brasil

(DS) Diplóides simples (H) Híbridos (C) Cultivares

Tabla 2. Reacción de la planta hospedera con base en el porcentaje del factor de reproducción (FR)

% de reducción del FR	Reacción del cultivar
0 - 25	Alta Susceptibilidad (AS)
26 - 50	Susceptible (S)
51 - 75	Baja resistencia (BR)
76 - 95	Parcial resistencia (PR)
96 - 99	Resistente (R)
100	Alta resistencia (AR) o Inmune (I)

Fuente: Sasser *et al.* (1987)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados en la tabla 3 muestran que el número de *R. similis* en las raíces varió de 14.549 en el cultivar "Nanicão" (Patrón de susceptibilidad) a 210 en el diplóide simple PA-Songkla. La reproducción del nematodo ocurrió en todos los genotipos excepto en el 'PA Songkla'. La reacción de los genotipos basados en el porcentaje de reducción del factor de reproducción, en relación a la CV. Nanicão, mostró alta susceptibilidad en 'Pisang Jari Buaya', 'Microcarpa', 'PA Phathalung', 'Tongat', 'Perak' y 'Tambi'; susceptible en 'PA Musore 2' y 'M-61'; baja resistencia en 'Raja Uter', 'Berlin', 'Sowmuk', 'Krasan Saichon', 'Buitenzorg', 'Lidi', 'F2P2' y 'Zebrina'; parcial resistencia en 'Niyarma Yik', 'NBA-14', 'Malbut', 'Cici', 'Mambee Thu', 'Caipira', 'F3P4', 'Fako Fako', 'Jambi' y 'Nº 118'; resistente en 'PA Songkla'.

La búsqueda de nuevas fuentes de resistencia a las enfermedades y en especial a nemátodos, que puedan ser incorporadas en cultivos de gran aceptación comercial, ha sido los objetivos de los programas de mejoramiento genético en banano. La incorporación de la característica de tolerancia es un hecho conocido, cuando los cruzamientos entre genotipos tolerantes contribuyen para la obtención de progenies con mayor grado de tolerancia a *R. similis*. La selección de diplóides simples y mejorados resistentes a *R. similis* es importante ya que mediante el mejoramiento convencional del banano en la *Embrapa Mandioca y Fruticultura*, esta resistencia puede ser trasferidas para cultivos comerciales.

Tabla 3. Reacción de diplóides simples (AA), cultivares e híbridos de bananos diplóides (AA) y triplóides (AAA) a *Radopholus similis* después de 90 días de la inoculación en invernadero.

Genotipos	Peso de la raíz ¹ (g)	Nemátodos en la raíz ¹	Nemátodos por g de raíz ¹	FR	% de reducción del FR	Reacción
Nanicão	9,0	14.549 a	1616 a	19,98	0,00	AS
P. Jari Buaya	18,6	13.085 a	703 a	18,51	7,35	AS
Microcarpa	19,6	11.883 a	606 a	19,86	0,60	AS
PA Phathalung	17,0	10.796 a	635 a	18,71	6,35	AS
Tongat	27,3	8.243 a	301 b	16,93	15,26	AS
Perak	14,3	8.136 a	568 a	15,98	20,00	AS
Tambi	18,3	7.486 a	409 b	15,83	20,77	AS
M-61	14,0	7.396 a	528 a	12,40	37,93	S
Raja Uter	25,6	6.633 a	259 b	9,09	54,50	BR
PA Musore 2	19,3	6.143 a	318 b	14,86	25,62	S
Berlin	11,6	5.596 a	482 b	7,67	61,61	BR
Sowmuk	26,0	5.393 a	207 b	5,61	71,92	BR
Krasan Saichon	12,0	5.283 a	440 b	5,37	73,12	BR
F2P2	15,3	5.190 a	339 b	5,19	74,02	BR
Zebrina	14,3	4.980 a	348 b	4,98	75,00	BR
Niyarma Yik	11,0	4.520 a	411 b	4,52	77,38	PR
Buitenzorg	18,6	4.493 a	241 b	7,85	60,71	BR
Lidi	14,6	3.586 a	245 b	6,48	67,56	BR
NBA-14	17,6	2.353 b	133 c	2,35	88,23	PR
Malbut	11,6	1.976 b	170 c	3,93	80,33	PR
Cici	7,0	1.780 b	254 b	2,96	85,18	PR
Mambee Thu	9,3	1.716 b	184 c	2,81	85,93	PR
Caipira	18,6	1.663 b	89 d	2,00	89,98	PR
F3P4	8,0	1.390 b	173 c	3,34	83,28	PR
Fako Fako	32,0	1.361 b	42 e	2,34	88,28	PR
Jambi	7,0	1.286 b	183 c	3,09	84,53	PR
N ° 118	12,3	933 b	76 d	1,77	91,14	PR
PA Songkla	9,6	210 c	22 e	0,32	98,40	R
CV%		8,52	10,20			
Fcal.		6,43**	8,22**			

¹ Los datos son medias de cuatro repeticiones. Para el análisis los datos originales fueron transformados en g (x+ 1) y medias seguidas de la misma letra en la columna no difieren por la prueba de Scott Knott a 1% (**). (AS) alta susceptibilidad; (S) susceptible; (BR) baja resistencia; (PR) parcial resistencia y (R) resistente; (Fcal.) valor de F calculado en el análisis; (CV%) coeficiente de variación; (FR) factor de reproducción.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos mostraron que el banco de germoplasma de banano de la *Embrapa Mandioca e Fruticultura* dispone de genotipos diplóides (AA) resistentes a *R. similis*

BIBLIOGRAFIA

AFREH-NUAMAH, K; AHIEKPOR, E.K.S.; ORTIZ, R.; FERRIS, R.S.B. Advanced musa yield trial at the University of Ghana Agricultural Research station, kade. 2. Banana weevil and nematode resistance. In: ORTIZ, R.; AKORODA, M.O. (Eds.). Plantain and banana production and research in West and Central Africa. PROCEEDINGS OF A REGIONAL WORKSHOP. Nigéria. 1995, Onne, IITA, Ibadan, Nigeria, 1996, p.133-136.

COOLEN, W.A. ; D'HERDE. C.J. A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue. Ghent State Agriculture Research Centre. Belgium: Merelbeke, 1972. 77p.

FOGAIN, R. ; GOWEN, S.R. "YANGAMBI km 5 " (Musa AAA, Iboya subgroup): a possible source of resistance to *R. similis* and *Pratylenchus goodeyi*. Fundamental and Applied Nematology, v.21, p.75-80, 1998.

GOWEN, S. R. Pests. Bananas and plantains. London: Chapman and Hall, 1995. p.382-402.

JENKINS, W.R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. Plant Disease Reporter, Beltsville, v.48, n.9, p.692, 1964.

O'BANNON, J.H.; TAYLOR A. L. Migratory endoparasitic nematodes reared on carnos discs. Phytopathology, v.58, p.385, 1968.

PINOCHET, J.; ROWE, P. Reaction of two banana cultivars to three different nematodes. Plant Disease Reporter, v.62, p.727-729, 1978.

PINOCHET, J. Comments on the difficulty in breeding bananas and plantains for resistance to nematodes. Revue Nematologie, v.11, p.3-5, 1988.

SASSER, J.N.; HARTMAN, K. M.; CARTER, C. E. Summary of preliminary crop germplasm evaluation for resistance to root-knot nematodes. Raleigh: NC State Univ., 1987, 88p.

CALIDAD DE VIDA EN LA RIZOSFERA DEL BANANO: UNA VISION DE NUEVAS INICIATIVAS EN AMERICA LATINA

QUALITY OF LIFE IN THE BANANA RHIZOSPHERE: A VISION OF NEW INITIATIVES IN LATIN AMERICA

Rosales, Franklin E. y Ramiro Jaramillo INIBAP. c/o CATIE, Turrialba, Costa Rica. Coordinador Regional para América Latina y el Caribe. inibap@catie.ac.cr² Apdo. Postal 4824-1000, San José, Costa Rica. Ex-Coordinador Regional de INIBAP.

SUMMARY

To produce banana in a profitable and sustainable way, it is required to have healthy roots capable of exploring the soil efficiently. However, banana roots have received little investigation in regards to their physiology and biotic and abiotic factor interactions that influence their development, growth, and functioning. Methods employed to measure soils production potential for banana culture, rarely take into account soil's health status and they lack information to explain the complex interactions between the soil and its rhizosphere. There are many alternatives mentioned in the literature as solutions to improve soil's quality and health but commercial utilization is not well documented. A significant step to clarify this situation was promoted in November, 2003, in San José, Costa Rica, with the International Symposium "Banana Root System: a better understanding for its productive management". This meeting was sponsored by INIBAP and CORBANA. This presentation gives a panoramic view of the most recent scientific developments on soil quality and health on the banana radical system. A post-symposium regional initiative of INIBAP and MUSALAC partners, sponsored by FONTAGRO, is addressing an integral solution to the problem not just regarding scientific disciplines but also in developing a joint agenda between the public and private sectors that will allow a fast and secure advance of this novel banana research field.

RESUMEN

Para producir banano en forma económica y sostenible es necesario contar con raíces saludables que sean capaces de explorar eficientemente el suelo. A pesar de ello existe también un consenso científico en cuanto a que las raíces de banano han sido poco estudiadas en su fisiología y en las interacciones de factores bióticos y abióticos que influyen en su desarrollo, crecimiento y funcionamiento. Los métodos utilizados para medir la capacidad o potencial productivo de un suelo para el cultivo de banano, raramente consideran el estado de la salud del suelo y no son suficientes para explicar las complejas interacciones del suelo y su rizosfera. Muchas y variadas son las alternativas mencionadas en la literatura como soluciones para mejorar la calidad y salud del suelo (enmiendas, bio-productos, microorganismos benéficos, antagonistas, cultivos intercalados, entre otros), pero todavía se necesitan experiencias practicas que demuestren una opción que sea económica y sostenible. Existen muchas interrogantes por resolver sobre la compleja interacción que ocurre entre factores bióticos y abióticos en la rizosfera del banano. También existen muchos cuestionamientos sobre las alternativas de solución integrada para devolver y mantener, en forma sostenida y rentable, la calidad de vida en el suelo. Un paso significativo en el sentido de aclarar esta situación se propició en noviembre del 2003 en San José, Costa Rica, con ocasión del Simposio Internacional " Sistema Radical del Banano: hacia un mejor conocimiento para su manejo productivo". Esta reunión fue auspiciada por el INIBAP y CORBANA. Esta presentación da una visión panorámica de los más recientes avances científicos en la calidad y salud del sistema radical del banano. También se presentan la iniciativa regional, post simposio, del INIBAP y socios de MUSALAC, quienes financiados por FONTAGRO, buscan ya una solución integrada del problema, no solo en cuanto a las disciplinas científicas involucradas sino también en el hecho de desarrollar una agenda compartida entre el sector público y el privado, que permita un avance rápido y seguro de este novel campo de Investigación en banano.

Palabras claves: calidad suelo, sanidad radicular, raíces banano, factores bióticos, enmiendas, antagonistas.

INTRODUCCIÓN

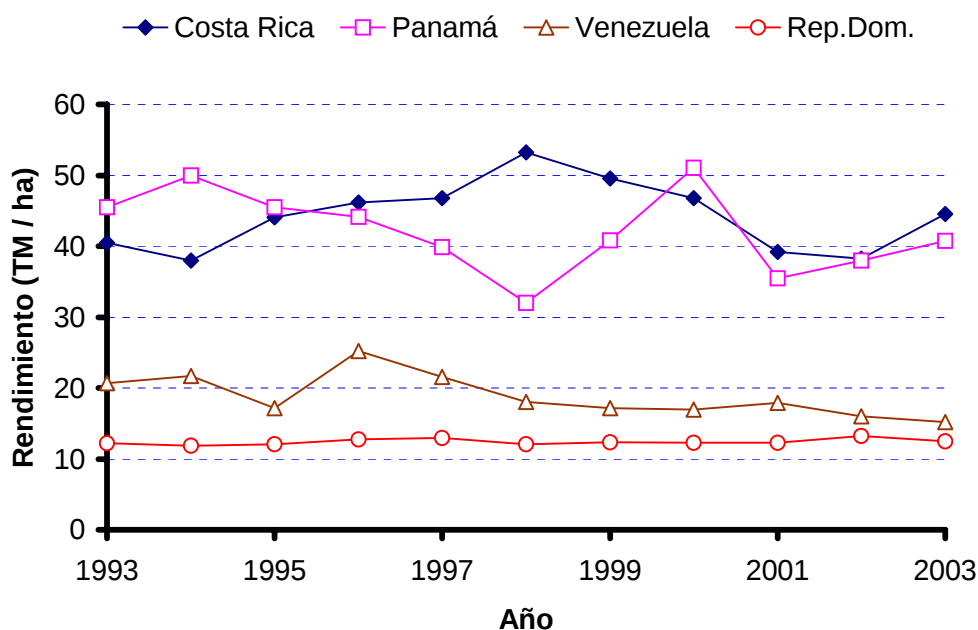
A pesar de la aplicación de técnicas e insumos de alto costo, incluyendo el uso intensivo de agroquímicos en las plantaciones comerciales de banano en América Latina y el Caribe (ALC), se ha registrado en los últimos diez años una reducción considerable en la productividad, debido al cambio y deterioro acelerado de los factores físicos, químicos y principalmente biológicos del suelo. Este último factor ha sido poco estudiado e investigado, pero en la actualidad se considera fundamental para resolver la problemática del agotamiento y baja productividad de las plantaciones. Se tiene evidencia de la relación directa entre la reducción de la

productividad y la pérdida de la calidad y salud del suelo, por el impacto adverso del sistema convencional de producción (Gauggel *et al.*, 2003; Pattison, 2003).

Es indiscutible la importancia de la industria bananera en el desarrollo económico y social de los países de ALC. Por ejemplo en Costa Rica en el año 2002, la actividad bananera generó alrededor de 40,000 empleos directos, 100,000 empleos indirectos, representando el 8.6% de las exportaciones totales del país. En Colombia, se presentan datos de 23,000 empleos directos y 70,000 indirectos, representando un 3% de las exportaciones del país. La importancia de la industria bananera en la región, hace necesario revisar y modificar el sistema actual de producción de banano con tecnologías que tiendan a reducir la cantidad de agroquímicos utilizados en la producción. Adicionalmente, éstas innovaciones tecnológicas deben garantizar el incremento y mantenimiento de la salud y calidad de vida de los suelos bananeros, así como reducir los riesgos de contaminación ambiental y asegurar la protección de los trabajadores en las plantaciones bananeras.

Históricamente, las fincas bananeras se establecieron en áreas que sostenían bosques tropicales. En estos ecosistemas naturales las relaciones equilibradas entre sus componentes producen un sistema eficiente, estable y con una alta capacidad de resistencia al cambio. El monocultivo y uso intensivo de insumos, provocó cambios sustanciales en este ambiente como la disminución de la biodiversidad, la pérdida del recurso suelo por erosión, y desequilibrios entre los componentes químicos, físicos y biológicos de los suelos (OEC, 1999). Por ejemplo, la productividad de las plantaciones bananeras en Panamá y Costa Rica han mostrado oscilaciones considerables durante la última década (Figura 1; FAO 2004). Por el contrario, en sistemas manejados orgánicamente, que se caracterizan por el uso limitado de insumos agrícolas, la producción bananera se ha mantenido estable durante los últimos diez años (Serrano, 2003). Asimismo, se ha determinado que los sistemas de producción orgánico presentan una mayor actividad biológica y mayor supresividad sobre patógenos asociados al sistema radical que los suelos manejados convencionalmente (Pocasangre, 2003, Meneses, *et al.* 2003). Este resultado en términos económicos representa una ventaja para el agricultor así como un beneficio directo para mantener la salud y calidad de los suelos.

Figura 1. Rendimiento de plantaciones bananeras en algunos países de América Latina (Fuente: www.faostat.fao.org)



Recientes investigaciones realizadas en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), por el grupo de tecnologías limpias en Musáceas, han demostrado que plantaciones comerciales de banano, en suelos supresivos de Guatemala donde no se aplican nematicidas, presentan mayor biomasa y diversidad de micro y macro fauna en comparación con plantaciones convencionales. También, las densidades de fitonematodos fueron hasta diez veces superiores en suelos donde se aplicaron nematicidas. Otros resultados obtenidos en Costa Rica en sistemas de producción orgánicos en Talamanca evidenciaron que existe mayor biodiversidad de poblaciones de hongos endofíticos en raíces de banano que en plantaciones convencionales

(Pocasangre, 2003). Como resultado general de varios estudios se ha concluido que el uso intensivo de agroquímicos ha reducido las poblaciones de microorganismos benéficos asociados a la rizosfera del banano y ha incrementado las poblaciones de los fitonematodos y patógenos del suelo que afectan al sistema radical del banano. Para superar el problema que representa la pérdida de productividad del cultivo de banano, es necesario adoptar y adaptar prácticas y sistemas de cultivo que consideren las relaciones suelo-planta y la biota asociada a la rizosfera.

Estamos seguros de que a partir de una clara definición de la calidad y salud del suelo bananero podría diagnosticarse con precisión, a través de indicadores relevantes y reproducibles, el impacto del manejo del suelo sobre la sostenibilidad del sistema de producción de banano. Con el uso de una Guía de diagnóstico de calidad y salud de suelos bananeros sería posible identificar, diseñar y validar alternativas tecnológicas apropiadas para restaurar el equilibrio natural de los suelos en beneficio de una producción sostenible que redundaría en una alta calidad de vida social y económica para la población de nuestros países.

Actualmente, los métodos utilizados para medir la capacidad o potencial productivo de un suelo para el cultivo de banano, se basan principalmente en el estudio de las propiedades físicas y químicas del mismo y de sus relaciones con algunas características especiales como la topografía y las condiciones climáticas predominantes. Estos métodos raramente consideran los niveles o estado de la salud del suelo y no son suficientes para explicar las complejas interacciones del suelo y su rizosfera (Pattison, 2004).

INICIATIVA REGIONAL

Innovaciones tecnológicas para el manejo de la calidad y salud de los suelos bananeros en América Latina y el Caribe.

Como un paso mas en la busca de soluciones a la problemática descrita anteriormente, el INIBAP en asocio con CORBANA realizaron el Simposio Internacional "Sistema radical de banano: hacia un mejor conocimiento para su manejo productivo", en San José, Costa Rica, noviembre 2003. En este simposio los representantes de países productores y científicos mundiales, manifestaron su preocupación por la disminución de los rendimientos y el deterioro del sistema radical y de la calidad de los suelos. Se presentaron además los últimos avances en distintos campos de la producción y se hicieron recomendaciones generales para la posible solución del problema.

Con el propósito de recuperar o mantener la productividad de las plantaciones bananeras, y como un seguimiento post-simposio, el INIBAP junto con socios de MUSALAC (Red de Investigación y Desarrollo de Plátano y Banano para ALC), y el financiamiento de FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria) emprendieron una Iniciativa Regional, basada en el mejoramiento de las características físicas, químicas y principalmente biológicas del suelo,. La iniciativa busca generar mayor información sobre la microbiología de los suelos bananeros, estudiando las interacciones entre los microorganismos y la rizosfera que permita un mayor entendimiento de la salud de los suelos y su efecto sobre la productividad. La meta es mejorar la productividad de plantaciones bananeras de ALC mediante innovaciones tecnológicas sostenibles que permitan incrementar la calidad y salud del suelo. En concordancia con lo anteriormente expuesto, se esta consolidando un grupo multidisciplinario que enfocará el problema desde un punto de vista holístico y que busca ofrecer recomendaciones técnicas, ambiental y económicamente sostenibles.

LA VISION A CORTO Y MEDIANO PLAZO

Desarrollo de una guía para el diagnóstico de la calidad y la salud del suelo

A pesar de su importancia en la productividad de los suelos bananeros, la calidad y salud del suelo no ha recibido la atención que se merece. Los esfuerzos de los productores y los científicos se han dirigido a incrementar la producción dejando relegada la preservación y el incremento de la calidad de vida en el suelo. El adecuado manejo de la productividad y la sostenibilidad de los recursos en el suelo hace necesario contar con una clara y confiable apreciación de la calidad y salud de los suelos bananeros. Para esto es necesario disponer de indicadores que ayuden a diagnosticar y a manejar nuevas alternativas tecnológicas que sean sostenibles en una dimensión económica, ecológica y social.

Mediante la Iniciativa de INIBAP y sus asociados, se esta desarrollando una Guía de diagnóstico de la calidad y la salud de los suelos, para lo cual se han seleccionado una serie de indicadores de fuentes existentes a nivel internacional, tomando en cuenta las propiedades físicas, químicas y principalmente biológicas del suelo. Como

una base para la selección inicial de los indicadores se usan algunos criterios de los identificados por Doran y Parkin, 1994; y Pattison (Comunicación personal, 2004), que se enumeran a continuación:

- Capaces de describir los procesos del ecosistema
- Repetibles
- Sensitivos a los cambios de manejo en el suelo
- Sensitivos a las variaciones climáticas
- Capaces de funcionar en diferentes suelos y ambientes
- Fáciles de entender
- Accesibles a mucho usuarios y aplicables a las condiciones de campo
- Que puedan correlacionarse con otras características físicas, químicas y biológicas del suelo.

Una vez identificados los indicadores y decidido el método más conveniente para su medición, se procederá a elaborar la Guía para que pueda ser usada y evaluada por el personal técnico y miembros del Comité Científico que apoyan esta iniciativa. La visión de elaboración es ir de lo complejo a lo sencillo, buscando que la versión final pueda cumplir con la mayoría de los requisitos de selección de indicadores mencionados anteriormente.

La Guía (versión preliminar) será distribuida a los socios para realizar un diagnóstico a nivel de campo en por lo menos 3 países. Para verificar la conveniencia y funcionalidad de los diferentes indicadores, se probará la guía en fincas con diferentes grados de productividad y manejo agronómico. Una vez realizado el trabajo de prueba de la guía en el campo, se procederá al análisis cuantitativo de los datos usando una metodología integradora que permita ponderar los diferentes indicadores. El diagnóstico constará de tres secciones: Componente físico, componente químico y componente biológico del suelo. La integración de los mismos y su peso ponderado en la definición del problema serán las bases para el diagnóstico de cada finca.

Usando los mismos criterios de selección inicial de los indicadores, así como otros criterios tales como: facilidad y costos del uso del indicador; grado de contribución en la definición del problema, grado de interacción o correlación con otros indicadores; sensibilidad del indicador a través de sitios o ambientes, etc., se tomará la decisión de ajustar, eliminar o de agregar nuevos indicadores a la Guía.

Una vez realizado el ajuste y afinamiento de los indicadores, y contando con la retroalimentación del Comité Científico y de los usuarios de la primera versión, se procederá a la edición final de la Guía. La edición en su versión en Español, será financiada en su impresión y distribución en ALC por FONTAGRO y socios regionales. El IPGRI-INIBAP por su parte, se hará cargo de las versiones en inglés y francés, tanto en su impresión como en su distribución a nivel mundial.

Desarrollo de alternativas tecnológicas para la recuperación y mantenimiento de la productividad

El número de fincas degradadas y de baja productividad aumenta rápidamente en ALC. Muchas de estas fincas tienen que ser abandonadas o salir del negocio de producción de bananos por su baja competitividad. Se iniciaran actividades orientadas a la solución del problema en fincas degradadas. Estas actividades son el corazón y motor de la visión que se quiere establecer en ALC como una nueva cultura de producción de banano, basada en el uso de mejores alternativas tecnológicas que recuperen y sostengan una mejor calidad de vida en el suelo y que a la vez, redunde en una mayor productividad. Esta es la parte innovativa de la investigación, puesto que el enfoque propuesto es de carácter holístico, integral, en el que no solo se emplearan varias tecnologías a la vez para la búsqueda de la solución del problema, sino que se estudiarán las muchas interacciones entre los componentes de las tecnologías y se identificarán los efectos negativos y positivos de unos en los otros.

Usando como base principal el diagnóstico elaborado con la Guía antes mencionada, se diseñarán las alternativas tecnológicas de producción las cuales se desarrollarán en las mismas fincas en donde se realice el diagnóstico y en otras fincas con problemas similares y/o contrastantes. De esta manera se podrán comparar efectos y estudiar las diferentes interacciones que se propicien con la adición de los nuevos factores de solución. Los componentes para las alternativas tecnológicas que se diseñarán, son producto de la investigación realizada a nivel mundial que han sido desarrollados y probados por muchos años, pero en su

gran mayoría en forma individual o mayormente a nivel de invernadero o en pequeñas parcelas, por lo que su aplicación a nivel comercial es todavía desconocida o poco validada.

Cada alternativa será sitio-país específico, puesto que se espera que los problemas serán múltiples y variados en constitución. Los sitios experimentales son fincas con severos problemas de productividad de varios años, puestas a disposición por los diferentes socios de la Iniciativa. Serán por lo tanto "fincas experimentales" y el tamaño del experimento puede ser de varias hectáreas. Serán experimentos de largo plazo, ya que la recuperación de las fincas será lento como se estima que sea la reversión de la calidad de vida en el suelo a un estado cercano del original.

Desarrollo de investigación básica y complementaria

Existe poca información sobre las interacciones entre poblaciones de microorganismos, tecnologías mejoradas, insumos agrícolas y la rizosfera del banano. El proyecto estudiará bajo condiciones controladas de invernadero e *in vitro*, algunas de éstas relaciones para determinar el efecto individual y aditivo, como por ejemplo.

- Efecto de enmiendas orgánicas sobre microorganismos del suelo. Se cuantificará el efecto de la aplicación de enmiendas orgánicas sobre las poblaciones de hongos endofíticos y micorrícicos.
- Estudios de inducción de resistencia. Teóricamente se considera que muchos de los componentes de las alternativas tecnológicas promueven y activan relaciones de inducción de resistencia contra el ataque de patógenos del suelo y de la parte aérea en la planta.
- Estudios de biodegradación de nematicidas. Se conoce que en los suelos tropicales gran parte del principio activo de los pesticidas, principalmente nematicidas, es biodegradado por poblaciones de bacterias y hongos del suelo y de la rizosfera.

Capacitación y culturización

Consideramos que el desarrollo de esta visión, al igual que el cambio o conversión de la calidad y salud del suelo a una forma mas rica, tomará varios años y mucha dedicación para poder establecerse y mantenerse. Es una nueva forma de cultura, que necesita entenderse y aceptarse, por lo cual se ha decidido que buena parte de la Investigación sea realizada por estudiantes de Maestría y Doctorado. Estos estudiantes serán guiados por el Comité Científico, cuyos miembros actuaran como Consejeros de sus tesis de grado. Con esta acción se pretende iniciar una base científica calificada y orientada a una producción mas limpia y sostenible económica y ambientalmente, en cada uno de los países socios de esta Iniciativa Regional.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los Drs. Luis E. Pocasangre y Helga Rodríguez del equipo de INIBAP-LAC, por su gran contribución en la elaboración del Proyecto a FONTAGRO de donde se obtuvo la mayor parte de la información aquí presentada. Agradecemos también a FONTAGRO, quien con su significativo apoyo financiero ha hecho posible la puesta en marcha de esta Iniciativa Regional, que esperamos pueda seguir desarrollándose y fortaleciéndose con aportes del sector publico y privado de los países bananeros de ALC.

BIBLIOGRAFÍA

Doran, J.W. and Parkin, T.B. (1994). Defining and assessing soil quality. In: Defining Soil Quality for a sustainable Environment. Doran, J.W., Coleman, D.C. Bezdicek, D.F., and Steward, B.A. (eds). Soil Science Society of America, Inc., Madison, pp. 3-21.

FAO. (2004). Foostat. Estadísticas sobre la productividad área sembrada y rendimientos de bananos en Latinoamérica. www.fao.org.

Gauggel, C.A., Sierra, F., and Arévalo, A. (2003). The problems of banana root deterioration and their impact on production: production experience in Latin America. In INIBAP-CORBANA. Banana Root System: towards a better understanding for its productive management. Abstracts, International Symposium, San José, Costa Rica. pp. 19-21.

Meneses, A., Pocasangre, L.E., Somarriba, E., Riveros, A.S., y Rosales, F.E. (2003). Diversidad de hongos endofíticos y abundancia de nematodos en plantaciones de banano y plátano de la parte baja de los territorios indígenas de Talamanca. *Agroforestería de las Américas*. 10(37):59-62.

Pattison, T., Smith, L., Moody, P., Armour, A., Badcock, K., Cobon, J. Rasiah, V., Lindsay, S. and Gullino, L. (2003). Banana Root and Soil Health Project – Australia. *In* INIBAP-CORBANA. Banana Root System: towards a better understanding for its productive management. Abstracts, International Symposium, San Jose, Costa Rica. pp. 67-72.

Pattison, T., Badcock, K., Lindsay, S. Armour, A., Velupillai, R., Moody, P., Smith, L., Gullino, L. and Cobon, J. (2004). Banana root and soil health project – field workbook. Departament of Primary Industries and Fisheries, Queensland, Australia. 15 p.

Pocasangre, L.E. (2003). Nuevas estrategias para el manejo de nematodos en Musaceas. *In* Taller Manejo convencional y alternativo de la Sigatoka negra, nematodos y otras plagas asociadas al cultivo de Musaceas. Guayaquil, Ecuador 11-13 agosto, 2003. pp. 38.

Serrano, E. 2003. Relación entre los contenidos de raíz funcional y la productividad de banano en Costa Rica. *In* INIBAP-CORBANA. Banana Root System: towards a better understanding for its productive management. Abstracts, International Symposium, San José, Costa Rica, 3-5 Noviembre. pp. 28.

DIAGNOSTICO Y RECOMENDACIÓN NUTRICIONAL Y DE RIEGO PARA BANANO EN EL TROPICO SECO

José Orozco-Romero, Mario Orozco-Santos y Octavio Pérez-Zamora¹.

La producción de bananos y plátanos es una de las actividades más importantes de la fruticultura mexicana, genera alrededor de 100 mil empleos directos en el campo y otros 150 mil empleos indirectos. (SAGARPA, 2003), Después de la naranja, el plátano es el fruto que más se produce con 2 244 mil toneladas, (esto equivale al 21% del total de la producción de frutas), el 95% de la producción de bananos se destina al consumo nacional.

En México se cultivan 77,301 hectáreas de bananos y plátanos, que representan el 8.2 % de la superficie total ocupada por los frutales, esto lo ubica en el 5º lugar en importancia en cuanto a superficie utilizada para cultivos frutícolas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Frutales más importantes MEXICO

FRUTAL	SUPERFICIE		PRODUCCION	
	MILES	%	MILES TON.	%
Naranja	258	26.7	2 852	25.7
Mango	126	13.0	1 158	10.4
Aguacate	93	9.6	754	6.8
Limón Mexicano	90	9.3	845	7.6
Plátano	78	8.2	2 244	21.0
Manzana	67	7.1	643	5.8
Uva	44	4.5	526	4.7
Melón	58	6.0	787	7.1
Sadía	37	3.8	446	4.0
Durazno	39	4.0	133	1.2
Nuez	37	3.8	42	0.4
Mandarina	9	0.9	89	0.8
.....				
Piña	7	0.7	281	2.5
Fresa	5	0.5	62	0.6
Limón Persa	15	1.5	130	1.2
.....				
TOTAL	965	99.7	10 99	99.8
.....				

Las zonas productoras de bananos y plátanos se ubican en las regiones costeras del Océano Pacífico y del Golfo de México, siendo nueve los principales estados productores del país.

1) GOLFO DE MEXICO. La región presenta un clima cálido-húmedo con una temperatura media de 24 a 27°C y una precipitación de 1700 a 3900 mm. Anuales, en esta región se produce el 42.5% del total de los bananos y plátanos, comprenden los estados de Veracruz, Tabasco y Oaxaca.

2) REGION DEL PACIFICO. Esta región por sus características climatológicas y de localización se divide en dos sub-regiones: el Pacífico Sur y el Pacífico Centro.

Pacífico Sur. (Trópico húmedo) Comprende el estado de Chiapas, aporta el 30% de la superficie total sembrada con banano, tiene un clima cálido subhúmedo con una temperatura media de 26 a 27°C, la precipitación anual es de 1500 a 2500 mm. Teniendo de 4 a 5 meses secos y requiriendo de riego para obtener una buena producción, la mayor superficie de banano se encuentra a una altitud de 20 a 80 msnm.

¹ .Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Tecmán. Apartado postal 88. Km. 35 Carretera Colima-Manzanillo. Tecmán, Colima, México 28100. E-mail: orozco.jose@inifap.gob.mx, orozco.mario@inifap.gob.mx y perez.octavio@inifap.gob.mx, respectivamente.

Pacífico Centro. (Trópico seco) Esta región comprende 5 estados (Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán y Guerrero) que presentan características climatológicas similares predominando el clima cálido-seco con una precipitación de 700 a 1100 mm. Anuales, con 7 a 8 meses secos por lo que en esta región sin el riego la producción disminuye hasta en un 80%, la temperatura media es de 26 a 28°C. La zona platanera se ubica a una altitud de 10 a 60 msnm en todos los estados a excepción de Nayarit donde se cultivan hasta los 500 msnm.

En esta región los plátanos se desarrollan en suelos con características de pH alcalino (de 7.5 a 8.8), con presencia de carbohidratos de calcio, bajo contenido de nitrógeno y fósforo, alto contenido de potasio y en cantidades suficientes de micro elementos para el desarrollo del cultivo.

Es común observar huertos con problemas de absorción o asimilación de algunos nutrimentos como el Fósforo, Hierro y Zinc, que aunque están en cantidades adecuadas o bien se haga su aplicación estos quedan retenidos en el suelo no disponible para las plantas. También la manera de efectuar el riego provoca en efecto colateral en la disponibilidad de los nutrientes, ya que en su mayoría estos se efectúan por inundación, cada 30 días y con laminas muy pesadas de tal manera que es de esperarse una lixiviación de nutrientes principalmente nitrógeno, y por otra parte el lugar más bajo del huerto tendrá un nivel freático superficial, de tal manera que la evaporación del agua ocasiona una acumulación de sales en la capa arable (donde esta la raíz) y esto provoca una indisponibilidad de nutrientes que son depositados en el suelo.

En el trópico seco las principales prácticas del cultivo son: Control de la Sigatoka negra, Riego y Fertilización, de manera general estas se efectúan en forma empírica, extrapolando recomendación de otras regiones diferentes y con otras necesidades por lo que no se obtienen los resultados esperados ya que el promedio de rendimiento es de 28 toneladas/ha/año, cuando esta región tiene una capacidad de producción hasta de 90 toneladas por hectárea al año, y si, gastos infructuosos, el 75% de los costos de producción se utilizan en estas practicas.

- El control de la Sigatoka negra se basa en aplicaciones foliares de fungicidas con una periodicidad de 21 días.
- Riego en su mayoría es rodado por inundación y con una periodicidad de más de 30 días entre riego.
- La fertilización se basa exclusivamente en aplicaciones al suelo de nitrógeno, Fósforo y potasio, la cantidad y periodicidad es muy variable van desde 100 a 500 de nitrógeno, de 0 a 300 Kg. de fósforo y de 0 a 500 Kg. de potasio por año, fraccionando su aplicación desde 2 a 6 aplicaciones al año.

El Inifap en el trópico seco ha generado tecnología de diagnostico nutricional, dosis de fertilización y de prácticas de riego para el cultivo de plátano, para llevar acabo una fertilización es necesario considerar: el contenido de los nutrientes en el suelo, el requerimiento del cultivo, la productividad del lugar y la eficiencia de aplicación.

DIAGNOSTICO NUTRICIONAL DEL HUERTO

Existen diferentes metodologías para efectuar un diagnostico nutricional de los huertos, para el trópico seco de México, se adecuo el método "DRIS" es un sistema integrado de diagnóstico y recomendación. Consiste en el uso del análisis foliar para conocer el orden de requerimiento nutrimental, para lo cual se efectúa el muestreo foliar tradicional, tomando la lamina foliar de parte central de la tercer hoja de plantas al inicio de floración, se determinan los nutrientes en el laboratorio, con los resultados reportados de cada huerto se elabora el diagnostico utilizando la metodología de Beanfis y los valores del cuadro 1 que fueron obtenidos para el cultivo de banano y para el trópico seco.

Cuadro 1. Valores de referencia para el cálculo de los índices DRIS para plátano

	S	C.V.	MEDIA
N/Fe	49.4979	29.2	169.1
N/Mn	55.8586	35.9	8.071
P/N	0.02559	35.9	0.071
K/Fe	44.3138	44.7	99.1
K/Mn	40.9967	47.6	86.2
Fe/P	0.05056	49.3	0.10
Fe/K	0.00922	68.8	0.014
Mn/Fe	0.52343	41.1	1.27
Ca/K	0.5860	49.7	1.18
Mg/Mn	16.9393	42.05	40.28

La metodología anterior permite determinar el orden de requerimiento de los nutrientes por las plantas en un determinado huerto, por ejemplo, Utilizando los datos de uno de los huertos y tomando el promedio de los nutrientes de sus 10 plantas y haciendo los cálculos respectivos se determinaron índices para cada nutriente y se encontró que el Hierro, calcio y manganeso presentan signo negativo, esto indica una deficiencia, mientras que el nitrógeno, fósforo, magnesio y potasio tienen un signo positivo y por lo tanto están en exceso.

Cuadro 2. Índice de nutrimentos para el cultivo del banano en un huerto de Colima

<i>Nutriente</i>	<i>Indice</i>
Fierro	-14.8
Calcio	-6.2
Manganeso	-3.3
Nitrógeno	0.4
Fósforo	1.2
Magnesio	4.8
Potasio	10.6

De los nutrimentos que están en forma más deficiente en orden decreciente es Hierro, calcio y manganeso. Esto no indica que el suelo puede estar deficiente ya que son nutrientes que pueden no estar disponibles para la planta. El potasio es el nutriente que está más en exceso y se puede deber a que es uno de los nutrientes que más se utilizan en las fertilizaciones, en algunas ocasiones se aplica en mayor cantidad que el nitrógeno. En este huerto el orden de requerimiento nutrimental de mayor a menor necesidad es: Hierro>calcio>manganeso>nitrógeno>fósforo>magnesio>potasio.

DOSIS DE FERTILIZACION PARA EL TROPICO SECO

En el trópico seco, se efectuaron diferentes experimentos para determinar la dosis de fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio, y en base a ello se recomienda la siguiente aplicación de fertilizante.

Cuadro 3

ELEMENTO	FUENTE	GRAMOS/PLANTA POR APLICACIÓN	EPOCA DE APLICACIÓN
Nitrógeno	Fosfonitrato	125	Abril Agosto Diciembre
	ó	ó	
	Urea	100	
Fósforo	Superfosfato triple de calcio	80	Abril
Potasio	Cloruro de potasio	55	Abril Agosto Diciembre
	ó	ó	
	Sulfato de potasio	67	

Esto es cuando se utilizan riego rodado, la aplicación debe ser dirigida al hijo inyectando el fertilizante en el suelo haciendo dos hoyos a 30 centímetros de retirado del hijo colocando el fertilizante en el fondo y tapándolo.

En los sistemas de riego presurizado la fertilización se hace de la siguiente manera en el mes de agosto aplicar 125 gramos por planta de Fosfonitrato más 40 gramos por planta de Superfosfato triple de calcio más 55 de Cloruro de potasio, esta aplicación debe hacerse inyectada al suelo, con la finalidad de aprovechar el temporal y utilizar el suelo como reserva de nutrientes posteriormente y a partir del mes de diciembre aplicar cada semana los siguientes productos:

NUTRIENTE	FUENTE	KILOGRAMOS/HA POR SEMANA
Nitrógeno	Urea	13
Fósforo	Ácido Fósfórico	2
Potasio	Sulfato de potasio soluble	7

La aplicación se hace con el sistema presurizado pero se puede aplicar juntos el nitrógeno y el potasio. El fósforo se debe de aplicar por separado, este último además sirve para limpiar el sistema.

APLICACIÓN DE LOS FERTILIZANTES ORGÁNICOS EN EL CULTIVO DEL BANANO

Para tener un mejor aprovechamiento de los nutrientes y del agua es recomendable aplicar los Biofertilizantes como el Azospirillum y las Micorrizas.

En el estado de Colima en los años de 1995 y 1996 a nivel experimental se llevó a cabo un trabajo donde se evaluó el efecto de los abonos verdes, compost, vermicompost y el estiércol sobre la producción de banano FHIA-01 y cuyos resultados son aplicados en la región y su tecnología se resume en las siguientes prácticas: la aplicación de los abonos verdes inició desde la plantación la cual se hizo a una distancia de 3 x 2.5 m. En la primera floración se cosechó un racimo por matero, por esta razón en la segunda floración se obtiene un mayor rendimiento por ha. Aún cuando el peso del racimo sea igual.

Al inicio de la plantación entre hileras de los bananos se pueden sembrar abonos verdes como la Crotalaria Junda y Clitoria Ternatea, la primera proporciona alrededor de 11 toneladas de biomasa seca por hectárea y la segunda 4 toneladas. Estas se incorporan como abono verde a los tres meses, además tienen la capacidad de fijar nitrógeno. Sin embargo y debido a que el cultivo del banano se planta cada 10 años, solo al inicio se puede sembrar la clitoria Ternatea o la Crotalaria Junda por lo que debe acompañarse de aplicaciones de estiércol u otro fertilizante orgánico (cuadro 3. Otra ventaja que tiene la siembra de estas plantas intercalada con el banano, es que no permite la emergencia de malas hierbas.

Cuadro 3 Efecto del abono verde sobre la producción de banano FHIA-01

Abonos Verdes		Peso Racimo (Kg) Floración	Toneladas/ha Floración		
		1a.	2a.	1a	2a.
Crotalaria	sola	24	22	26	49
	estiércol	32	33	35	42
Clitoria	sola	26	24	28	52
	estiércol	28	31	30	69
Testigo ¹		32	35	35	78

¹ Fertilización química 200-75-750 Kg/ha de N-P-K.

Los tres fertilizantes orgánicos presentan rendimientos similares a la fertilización química, solo que, algunos de ellos como el compost se debe de aplicar el doble de la cantidad que el vermicompost (cuadro 4 debido a que el aplicar solo 2 litros de compost se obtienen 12 toneladas de fruta por hectárea menos que cuando se aplican 2 L. De vermicompost, sin embargo al aplicar los 4 litros de compost se obtiene la misma producción que con 2 litros de vermicompost. Es observable la alta producción que se alcanza con la fertilización orgánica.

Cuadro 4 Efecto de la fertilización orgánica sobre la producción de banano FHIA-01

Fertilizante orgánico	Dosis	Peso racimo (Kg) floración		Ton/ha floración	
		1a.	2a.	1a.	2a.
Compost	2 L.	24	28	26	63
	4 L.	19	33	32	72
Vermicompost	2 L.	27	34	30	75
	4 L.	28	34	31	76
Estiércol	2 L.	26	31	29	69
	4 L.	29	32	32	71
Testigo *	200-75-450	32	35	35	78

BIBLIOGRAFÍA

Cepeda Rey J. 1993. Fertilización con abono orgánico. Seminario taller Internacional sobre fertilidad y nutrición en banano y plátano Santa María, Colombia pag. 18-22.

Dorel M. Y N. Besson 1996. Utilization d'engrais organiques en culture bananier. CIRADFLHOR Fon. De France 27 pag. 6.

Flores, C.L. y R. Vargas 1994. Liberación de nutrimentos por los residuos vegetales de los suelos bajo cultivos de banano en la zona Atlántica de Costa Rica. Musarama INIBAP. Panamá. Vol. 7, No. 2 pag. 12.

Kotory, LI y R.K. Bhattacharyya 1992. Leaf nutrient concentration of some banana cultivars as influenced by organic mulches. International Horticultural Congress florence, Italia. ISHA. (296) pag. 113 - 117.

Salan, O.A. et al 1992. Effect of mulching on soil properties, growth and yield of plantain on a tropical ultisol in coutheastern Nigeria. Soil and Ollage Research (NLD). Vol. 23 pag. 73-93.

Satyanarayana, M. 1990. Effect of in-situ green maturing and mulching on performance of banana. Banana Newsletter Australia Vol. 13 pag. 30-31.

Sergio Laprode C. 1998 Producción de banano orgánico utilizando los híbridos FHIA-01 Y FHIA-02. Informe anual 1997. CORBANA. San José Costa Rica pag. 40.

Solis B.P. y M.A. López 1992. Corrección mediante adiciones de materia orgánica. Corbana, Costa Rica Vol 1. 16 (38) Pag. 19-25.

Soto M. 1993. Impacto ambiental de la actividad bananera. Raíces Agropecuarias Ecuador Vol. 10 pag. 9 -11.

Ruiz Figueroa José Feliciano. 1996. Los fertilizantes y la fertilización orgánica bajo la óptica de un sistema de producción orgánica. Primer Foro Nacional sobre Agricultura Orgánica. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, México, D.F. pag. 23-47.

Zake, J.Y.K. et al 1993. Soil management sustainable banana production on ferrasol in Uganda, Africa. Crop. Science Conference, Kampala, Uganda (06) pag. 14-18.

USO DE MICORRIZAS EN BANANO: LOGROS Y PERSPECTIVAS

MYCORRHIZAE AND BANANA: CURRENT ACHIEVEMENTS AND PERSPECTIVES

M.C. Jaizme-Vega¹ y A.S. Rodríguez-Romero¹

RESUMEN

Bajo la perspectiva de la agricultura sostenible el suelo está considerado como un elemento activo del sistema, compuesto por factores físicos, químicos y biológicos interrelacionados entre sí y con una clara repercusión en el desarrollo de los cultivos. Los hongos formadores de micorrizas arbusculares (hongos MA), capaces de establecer simbiosis mutualísticas con las raíces de la mayoría de las especies de interés agrícola, forman parte del microcosmos biológico que reside en el suelo. La micorrización temprana contribuye a un aprovechamiento más eficiente de ciertos nutrientes, redundando en un mejor estado de la planta y aliviando situaciones de estrés vegetal, mostrándola como una técnica recomendable para plantas procedentes de diferentes métodos de propagación y cultivo. Sin embargo, la eficacia de la micorrización varía según la especie vegetal, integrándose la platanera *Musa acuminata* Colla (nombre que se le da en Canarias a la planta productora de plátanos, para su exportación como fruta fresca) entre aquéllas que resultan altamente beneficiadas.

En el presente trabajo, se exponen los resultados de los estudios sobre los efectos de la micorrización temprana en platanera, realizados en Canarias durante los últimos diez años. Los datos obtenidos permiten concluir la alta dependencia micorrícica de la especie con gran capacidad para beneficiarse de la simbiosis desde las primeras fases de desarrollo, perdurando su efecto después de su trasplante a campo. Las mejoras en la nutrición y crecimiento de la platanera indican el potencial uso de estos hongos como biofertilizante. Dentro de esta misma línea, se presentan los resultados sobre el desarrollo de esta especie, de una evaluación de diferentes inoculantes comerciales adecuados para el cultivo de la platanera y disponibles actualmente en el mercado. Un segundo enfoque, permite afirmar la viabilidad de los hongos MA como estrategia de control biológico frente a diferentes patógenos de raíz presentes en Canarias (*Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* y nematodos). Por último, nuestros estudios más recientes amplían el espectro de microorganismos benéficos del suelo al incluir a las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPRs): la aplicación conjunta de hongos MA y PGPRs puede considerarse otra alternativa eficaz como fertilizante o para el control de patógenos, tras una cuidadosa selección de cepas compatibles de ambos tipos de microorganismos.

SUMMARY

Under a sustainable perspective, soil is considered as an active element which encloses physical, chemical and biological factors. Consequently, crops are influenced by the interaction between them. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), obligate symbionts that colonise the roots of most cultivated plants species, are among the beneficial soil microbiota. Early mycorrhization can contribute to plant development by increasing nutrient uptake which leads to an improvement in plant health and may also increase plant tolerance to biotic and abiotic stress conditions. Due to these benefits this technique should be especially taken into account for micropropagated vegetal material. However, mycorrhizal dependence for promoting growth is not the same for all the vegetal species. Micropropagated banana (*Musa acuminata* Colla) is one of the tropical plant species which can be highly favoured with this symbiosis.

Results from the studies done of the effect of early mycorrhization of banana during the last decade in the Canaries, have been summarised within this work. At first, we can conclude the positive effect of AMF on banana (significant increases in plant development and nutrient uptake), since first development stages. So AMF can be used as biofertilizers for this vegetal specie. This positive effect can be also detected after transplanting to field. Within this working line, several commercial products based on AMF have been successfully tested in our lab. Secondly, AMF can be used as an effective biocontrol strategy against banana soil-borne pathogens such as *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* or nematodes. Recently, other soil beneficial microorganisms: plant growth promoting rhizobacteria (PGPR), have been included in our studies in order to determine their positive effect in combination with AMF. Our results let us to conclude that the combined inoculation of both soil microorganisms can be as effective as AMF single inoculation either as a biofertilizer or as a biocontrol strategy, depending on the suitability of strains combinations.

¹Investigadoras, Dpto. Protección Vegetal, Instituto Canario Investigaciones Agrarias
Apdo. 60. 38200 La Laguna, Tenerife, Islas Canarias, España. E-mail: mcaizme@icia.es, arguezr@icia.es

INTRODUCCIÓN

La explotación intensiva y desmesurada de los recursos ha sido la tendencia principal en el ámbito agrario en las últimas décadas. Suelos agotados y saturados por exceso de fertilizantes y biocidas, salinidad o la introducción de especies de clara rentabilidad comercial pero poco adecuadas para el ecosistema de acogida, etc. son buenos ejemplos de la situación actual. Sin embargo, comienzan a abrirse paso nuevas corrientes de pensamiento que apuestan por un manejo de los sistemas agrícolas mucho más respetuoso con el medioambiente, a partir del convencimiento de un uso sostenible de los recursos y de un aprovechamiento de las estrategias que posee la propia naturaleza para su autorregulación.

Bajo esta perspectiva, se le concede cada vez más importancia al suelo, como elemento del sistema. El suelo deja entonces de ser un simple soporte inerte sobre el que crecen los cultivos y pasa ahora a ser considerado componente activo, un microcosmos integrado por diversos factores (físicos, químicos y biológicos) cuyas complejas interacciones tienen una clara repercusión en el desarrollo de las plantas. Centrándonos en los componentes microbiológicos se sabe que las poblaciones de microorganismos del suelo se hallan bajo una especie de equilibrio inestable: si no se producen cambios y bajo condiciones climáticas constantes, este equilibrio apenas se altera. Sin embargo, cuando se introducen plantas en el sistema, la situación cambia drásticamente puesto que las plantas se convierten en los principales suministradores de compuestos energéticos del suelo. Los microorganismos aprovechan estos compuestos que se encuentran en el entorno de la raíz y proliferan en ella (Barea *et al.*, 2002). El conocimiento profundo de los mecanismos que rigen estos sistemas microbiológicos de los suelos resulta imprescindible para proceder a la manipulación de los mismos.

En la interacción planta-microorganismo del suelo se contemplan tres tipos de relación: patogenicidad, neutralidad y simbiosis. Los hongos formadores de micorrizas arbusculares (MA) y las rizobacterias o bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPRs o PGPBs), pertenecen a este último grupo ya que contribuyen positivamente al favorecer la nutrición y crecimiento de las plantas, al tiempo que pueden funcionar como agentes de control biológico eficaces frente a patógenos.

Las micorrizas arbusculares, simbioses mutualistas endofíticas y biotróficas, han sido ampliamente descritas como favorecedores del crecimiento (Smith y Read, 1997). Las raíces colonizadas por el hongo aumentan su capacidad para absorber ciertos nutrientes minerales, siendo especialmente eficaces en la asimilación del fósforo. La infección de la micorriza produce cambios físicos, bioquímicos y fisiológicos en las raíces colonizadas que conducen a un mejor estado general de la planta y contribuyen a aliviar las situaciones de estrés vegetal de carácter abiótico (metales pesados, salinidad) y bióticos (compensación de daños, activación de mecanismos de defensa, cambios microbianos en la rizosfera) (Barea *et al.*, 1997).

La platanera es una especie micotrófica, capaz de beneficiarse de la presencia de los hongos formadores de MA. Por otra parte, se multiplica *in vitro* de modo rutinario y su fase *post vitro* es ideal para la aplicación de hongos micorrícicos. El interés sobre los efectos de la simbiosis micorrícica en este cultivo, se ha traducido en publicaciones donde se corrobora y amplía la escasa pero homogénea información disponible hasta el momento. Estas publicaciones coinciden en señalar los beneficios que la simbiosis puede aportar al cultivo (Lin y Chang, 1987; Lin y Fox, 1987; Knight, 1988). Es un hecho conocido que las plataneras en determinadas condiciones de cultivo en campo, son colonizadas por hongos MA (Girija y Nair, 1988; Jaizme-Vega *et al.*, 1991). Estos efectos tienen un significado adicional en suelos tropicales, semiáridos y marginales donde estos hongos con el principal recurso, tanto para la conservación de los ecosistemas como para la producción (Janos, 1988). La alta dependencia micorrícica de esta monocotiledónea herbácea ha sido demostrada en condiciones controladas y empleando en todos los casos material micropropagado (Rizzardi, 1990; Declerck *et al.*, 1994 y 1995; Jaizme-Vega y Azcón 1995; Yano-Melo *et al.*, 1999). Otros trabajos, donde se simulaban las condiciones de cultivo de los sistemas de producción comercial (Jaizme-Vega *et al.*, 1997 y 1998), evalúan los efectos de los hongos MA (aislados nativos y cepas de colección) bajo dosis reales de fertilizante durante las primeras fases de cultivo, concluyen que es posible utilizar el plan de fertilización de un vivero comercial y conseguir un efecto micorriza significativo. El efecto de la micorrización temprana en platanera ha sido detectado en campo bajo condiciones experimentales con un régimen de abonado estándar hasta 9 meses después del trasplante (Jaizme-Vega *et al.*, 2002a).

Uno de los aspectos del empleo de los hongos MA sobre platanera que merece mayor interés es el que se refiere al papel de estos simbioses en el control de patógenos de raíz. A pesar de que aún no se ha determinado ningún mecanismo de control biológico directo asociado al hongo MA, se sabe que la micorrización está implicada en este control (Linderman, 2000). El efecto protector de los hongos MA tiene un carácter preventivo reduciendo los daños o incrementando la tolerancia de la planta frente a la enfermedad siendo por lo tanto necesario garantizar el establecimiento de la micorriza previamente al ataque del patógeno (Slezack *et al.*, 2000). Además de estas consideraciones hay que tener en cuenta que la interacción "hongo

MA-planta-patógeno", está sometida a la influencia de ciertos factores tales como el aislado micorrícico, la virulencia y potencial del patógeno, las características de la planta hospedadora y del sustrato y por último las condiciones ambientales bajo las cuales se engloba el sistema (Azcón-Aguilar *et al.*, 2002).

La investigación publicada en este sentido sobre platanera, aporta resultados prometedores. Si nos centramos en los nematodos, los daños causados por estos patógenos de raíz pueden ser aliviados tanto en el caso de nematodos agalladores como de lesionadores (Umesh *et al.*, 1988). En algunos trabajos con *Meloidogyne* sólo se ha registrado un incremento de tolerancia (Pinochet *et al.*, 1997) o bien dicha tolerancia en combinación con una reducción en las poblaciones del patógeno (Jaizme-Vega *et al.*, 1997). En los estudios mencionados no se apreció un efecto adverso del nematodo sobre la colonización radical de los hongos patógenos. En cuanto a patógenos de origen fúngico, se dispone de una sola cita (Jaizme-Vega *et al.*, 1998) en relación con el hongo vascular *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* que confirma que la micorrización temprana induce un descenso de la severidad de la enfermedad y un aumento en el desarrollo de la planta. Otros hongos productores de podredumbres de raíz como *Cylindrocladium spathiphylli* disminuyen la intensidad de los daños en presencia de los hongos micorrícicos (Declerck *et al.*, 2002).

Las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal se encuentran en la zona de influencia de la raíz (rizosfera), siendo capaces de adherirse a ella y colonizar la superficie radical como respuesta a los exudados radicales, así como de inducir la germinación de semillas y el desarrollo vegetal (Kloepper y Schroth, 1978). Muchos de estos procariotas, producen y excretan en el medio metabolitos estimuladores del crecimiento vegetal (fitohormonas) o ayudan en la fijación o solubilización de elementos del suelo (nitrógeno o fósforo) (Kloepper *et al.*, 1991). En otros casos actúan como competidores o antagonistas de patógenos de suelo, liberando a la planta de los efectos nocivos de éstos con mecanismos de antibiosis (Tomashow y Weller, 1995), competencia (Neillands y Nakamura, 1991) o resistencia sistémica inducida (Bakker *et al.*, 2000) y consecuentemente favoreciendo el desarrollo vegetal. Los hongos formadores de MA y las PGPRs están obligados a interactuar durante los procesos de colonización radical o actuando como microorganismos asociados a la raíz, puesto que comparten hábitats comunes (superficie radical). De hecho, al igual que otros muchos habitantes del suelo, los hongos MA están inmersos en el marco de las interacciones microbianas típicas de estos ambientes (Barea, 1997). La posible combinación de la actividad biocontroladora de las PGPRs junto con la capacidad profiláctica de los hongos MA podría reportar un beneficio extra a la planta (Barea *et al.*, 1998; Budi *et al.*, 1999; Linderman, 2000). En la actualidad la información referida a tal uso conjunto es prometedora aunque aún escasa, lo que impide generalizar conclusiones.

Existen algunas referencias sobre el posible uso de PGPRs para potenciar el crecimiento (Jaizme-Vega *et al.*, 2004) o actuar como biocontroladores de patógenos en platanera (Jonathan *et al.*, 2000; Sutra *et al.*, 2000; Rajappan *et al.*, 2002). En la actualidad, no existen además, demasiados estudios que analicen la interacción entre los hongos MA y las PGPRs, observando si cada uno puede influir activando o inhibiendo la acción del otro. Las citas localizadas pertenecen a un trabajo donde la especie hospedadora era papaya (Jaizme-Vega *et al.*, 2000) y otra en platanera (Rodríguez-Romero, 2003).

OBJETIVOS

El presente trabajo tiene como objetivo sintetizar las conclusiones de los diferentes trabajos realizados en nuestro Instituto sobre el uso potencial de microorganismos de suelo (hongos MA y rizobacterias) y platanera con el fin de mejorar el desarrollo e incrementar la tolerancia de esta especie frente a los patógenos de raíz más frecuentes. Para ello y con el propósito de ordenar la gran cantidad de información disponible hemos organizado los experimentos realizados del siguiente modo.

Ensayos dirigidos a evaluar el uso de los hongos micorrícicos como biofertilizante:

- En condiciones de vivero
- En parcelas experimentales
- Evaluación de formulados comerciales
- Efecto combinado de hongos MA y rizobacterias

Trabajos dirigidos al estudio de la interacción de los hongos MA y las rizobacterias con determinados patógenos de raíz (nematodos y hongos vasculares):

- Hongos MA - nematodos agalladores
- hongos MA - nematodos lesionadores
- hongos MA – *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*
- Consorcio (hongo MA + rizobacterias) – nematodos agalladores

MATERIALES Y MÉTODOS

Como consecuencia de la cantidad y diversidad de ensayos que han dado lugar a los resultados presentados en este trabajo, sería complicado y poco eficaz referir cada caso por separado, por ello nos hemos permitido resumir los detalles relativos a este apartado indicando las excepciones cuando las hubiere.

En todos los ensayos se utilizó material vegetal micropropagado de platanera *Musa acuminata* Colla cv. 'Gran Enana'. Las plantas de un tamaño medio de 10 cm eran inoculadas con los hongos micorrícicos inmediatamente después de extraerlas de los frascos de cultivo *in vitro*. La aplicación del inóculo (obtenido a partir de un cultivo bajo sorgo y consistente en suelo rizosférico, raicillas y esporas del hongo MA correspondientes), tenía lugar durante la fase de enraizamiento (28°C y 80% HR), y éste era colocado bajo las plántulas en contacto con la zona de las raíces. El sustrato empleado en esta fase era estéril y consistía en una mezcla a partes iguales de suelo (bajo contenido en P), picón (arena volcánica) y turba rubia corregida.

Los hongos MA inoculados eran en la mayoría de los casos aislados locales o de colección, excepto en el experimento con inóculos comerciales donde se empleó formulados donados por los fabricantes.

Los hongos MA experimentales empleados fueron los siguientes:

<i>Glomus mosseae</i> (Nicol.& Gerd.)Gerdemann & Trappe	Colección
<i>Glomus mosseae</i> - L (Nicol.& Gerd.)Gerdemann & Trappe	Local
<i>Glomus manihotis</i> Howeler, Sieverding & Schenck	Colección
<i>Glomus intraradices</i> Schenck & Smith	Colección
<i>Glomus aggregatum</i> Schenck & Smith emend. Koske	Colección
<i>Glomus</i> (Tuslane & Tuslane) spp.	Local
<i>Glomus geosporum</i> (Nicolson & Gerdemann) Walker	Local
<i>Glomus fasciculatum</i> (Thaxter) Gerdemann & Trappe emend. Walker & Koske	Local

Los inóculos comerciales evaluados fueron:

Endorize Mix (Biorize)	Francia	Inoculante granular	10 mL/planta
Terra Vital (Plant Work)	Reino Unido	Inoculante granular	12 mL/planta
Tri Ton (TRI TON)	Alemania	Arcilla expandida	10 mL /planta
MYCO TM gold (MAH)	Malasia	Inoculante granular	20 mL/planta

De manera general la fase de inoculación y enraizamiento se prolongaba por 6 semanas. Durante esta fase, la fertilización se realizaba con una solución nutritiva (Hewitt, 1952). A partir de ese momento y tras una evaluación del efecto micorriza sobre el desarrollo y de la colonización del hongo MA en las raíces, las plantas

se trasplantan a macetas de aproximadamente 2L y se mantienen en condiciones controladas de vivero (25-30°C y 60-80% HR), en el tiempo previsto para el ensayo. El sustrato empleado para esta fase fue desinfectado a máquina de vapor y compuesto de 2 partes de suelo, 2 de picón (arena volcánica) y 1 de turba rubia corregida. En el caso de que el estudio se prolongue a campo en condiciones experimentales, las plantas serían trasladadas a grandes contenedores (50L) y enterradas en el suelo de las parcelas. En estas últimas fases, la fertilización empleada simula a la establecida para esta especie en sistemas de producción reales.

En aquellos experimentos donde se evalúa el efecto de las micorrizas solas o en consorcio con los hongos MA, la inoculación bacteriana se realizó 20-30 días después de la inoculación micorrízica. Para ello, se multiplican masivamente las cepas en placa Petri son TSA (Tryptone Soy Agar), resuspendiendo posteriormente las colonias obtenidas en una solución salina. El inóculo se ajusta para que la concentración alcance en torno a 10^{10} UFC/mL añadiendo a cada planta 5mL durante la fase de semillero y 20 en una segunda inoculación de refuerzo una vez trasplantada a maceta.

Las cepas bacterianas utilizadas fueron:

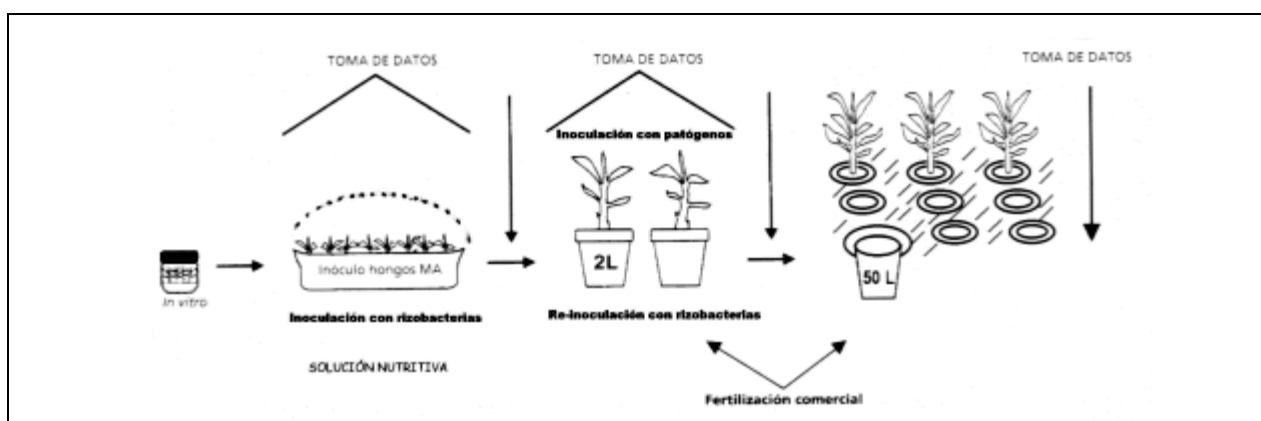
Cóctel de especies del género <i>Bacillus</i> (<i>Bacillus pumilus</i> y <i>B. subtilis</i>)	Colección
<i>Pseudomonas fluorescens</i> cepas 291 y 817	Colección

En aquellos ensayos donde se estudiaba el efecto de la interacción hongo MA – nematodo, el patógeno se aplicaba una vez comprobado el establecimiento de la simbiosis. Los inóculos se preparaban en el caso de los nematodos agalladores a partir de extracciones practicadas a raíces infectadas (Baker, 1985). El inóculo consistente en suspensiones acuosas se ajustaba para liberar aproximadamente entre 3.000 y 5.000 individuos por planta.

Los nematodos lesionadores eran obtenidos a partir de cultivos monoaxénicos en discos de zanahorias y se inoculo a razón de 2.000 nematodos por planta.

En el experimento donde se estudió la interacción de los hongos MA con el patógeno *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* (FOC), el inóculo se preparó como suspensión de esporas obtenidas a partir de cultivo líquido en caldo de papas. La concentración adicionada fue de $9,5 \times 10^6$ esporas / mL añadiendo 40mL por planta.

En el siguiente esquema hemos ilustrado nuestro sistema estándar de trabajo:



Las variables experimentales estudiadas en todos los casos en función de los microorganismos presentes fueron:

Variables relativas al desarrollo y la colonización micorrícica o bacteriana:

▪ Peso fresco y seco (g y Kg)
▪ Longitud pseudotallo (cm)
▪ Longitud total (cm)
▪ N° hojas, superficie foliar (cm ²)
▪ Contenido foliar en macronutrientes (N, P, K)
▪ Dependencia micorrícica (Plenchette <i>et al.</i> , 1983)
▪ Colonización micorrícica (Koske & Gemma, 1989; Brundett <i>et al.</i> , 1985)
▪ Niveles poblacionales de rizobacterias

Variables relativas al efecto de los patógenos:

▪ N° de agallas por gramo de raíz	Nematodos
▪ % de agallas o lesiones en la raíz	
▪ N° nematodos por gramo de raíz	
▪ N° de nematodos totales	
▪ Tasa de reproducción	
▪ % Rizoma dañado	FOC
▪ Índice de severidad de síntomas	

Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante ANOVA. La separación de medias se realizó por los test de Fisher's LSD, Rango múltiple de Tukey y Newman-Keuls con una $P \leq 0,050$ en todos los casos, utilizando para ello el programa Systat 7.0.

RESULTADOS

1. Ensayos dirigidos a evaluar el uso de los hongos micorrícicos como biofertilizante

1.1 . En condiciones de vivero

1.1.1 Desarrollo y nutrición nueve semanas después del trasplante

Hongos MA: *Glomus mosseae* (colección) y *Glomus mosseae* (local)

Ambas cepas de *G. mosseae* incrementaron el desarrollo y la nutrición de las microplantas (Tablas 1 y 2), que mostraron buena aptitud para la micorrización, si bien, los diferentes aislados consiguieron distintos niveles de colonización (Jaizme-Vega y Rodríguez-Romero, 2002).

Los DMR (índices de dependencia micorrícica relativa) encontrados en nuestro trabajo, son superiores a los descritos por Declerck *et al.*, (1995) para el cultivar 'Gran Enana', aunque estos autores trabajaron con otras especies de *Glomus*. Cuanto mayor sea este índice, la dependencia de la planta del hongo MA es mayor, teniendo en cuenta el nivel de fertilidad en el que se ha ensayado (Plenchette *et al.*, 1983).

Tabla 1. Efecto de 2 aislados de *Glomus mosseae* (cepa de colección) y *Glomus mosseae*- L (cepa nativa), sobre el desarrollo de plantas micropropagadas de platanera cultivar Gran Enana, 9 semanas después de la inoculación con los hongos MA (fase *post vitro*).

Tratamiento ^y	Peso Fresco (g)			Superficie foliar (cm)	Colonización (%)	Dependencia micorrícica relativa (%)
	Raíz	Parte aérea	Total			
Control	1.04 b	2.66 b	3.76 b	43.12 b	---	---
-	1,75 b	3,52 b	5,39 b	59,54 b	51 ± 7.3	27
<i>G. mosseae</i> - L	4,23 a	7,27 a	11,59	132,78 a	76 ± 6.9	63

^y Media de 6 repeticiones. Dentro de cada columna, las cifras seguidas de una misma letra no son estadísticamente significativas aplicando el Test de Newman-Keuls ($P \leq 0,050$).

Tabla 2. Efecto de 2 aislados de *Glomus mosseae* (cepa de colección) y *Glomus mosseae*-L (cepa nativa), sobre el contenido en nutrientes de plantas micropropagadas de platanera cultivar Gran Enana, 9 semanas después de la inoculación con los hongos MA (fase *post vitro*).

Tratamiento	Parte Aérea Peso Seco (mg) ^y	Contenido en Nutrientes (mg/planta)		
		N	P	K
CONTROL	240 b	4.44	0.55	15.8
	330 b	3,70	0,86	25,6
<i>G. mosseae</i> -L	640 a	6,50	1,28	54,2

^y Media de 6 repeticiones. Dentro de cada columna, las cifras seguidas de una misma letra no son estadísticamente significativas aplicando el Test de Newman-Keuls ($P \leq 0,050$).

Desarrollo y nutrición siete meses después del trasplante

Nuestros resultados demuestran que el efecto de la micorrización sobre el desarrollo vegetal (Tabla 3), se mantiene durante la fase de vivero, aún bajo régimen de fertilización comercial (Jaizme-Vega y Rodríguez-Romero, 2002).

Tabla 3. Efecto de 2 aislados de *Glomus mosseae* (cepa de colección y cepa nativa) y 2 niveles de fertilización fosforada (P_0 y P_1) sobre el desarrollo y colonización micorrícica de platanera cultivar 'Gran Enana'

Tratamiento ^x	Peso Fresco (g)		Pseudotallo		Superficie Foliar (cm ²)	Colonización micorrícica (%)
	Raíz	Aéreo	Longitud (cm)	Diámetro (mm)		
Control P_0 ^y	89,0	217,7	29,8 c	35,54 f	1422,5 d	----
Control P_1	241,0	600,0	48,2 ab	58,00 a	2426,6 bc	----
<i>G. mosseae</i> P_0	150,9	541,5	50,3 ab	54,23 bc	2623,6 ab	86
<i>G. mosseae</i> P_1	192,5	655,0	55,6 a	58,10 a	2783,9 a	50
<i>G. mosseae</i> -L P_0	137,8	564,7	54,5 ab	53,10 bcd	2588,2 ab	82
<i>G. mosseae</i> -L P_1	184,9	661,0	51,0 ab	55,92 ab	2790,4 a	68

^x Media de 14 repeticiones. Dentro de cada columna, las cifras seguidas de una misma letra no son estadísticamente significativas aplicando el Test de Newman-Keuls ($P \leq 0,050$).

^y P_0 = fertilización con valores de fósforo bajos ($P_1/4$) P_1 = fertilización con valores de fósforo normales para esta fase del cultivo.

En parcelas experimentales

Hongos MA: *Glomus manihotis* y *Glomus intraradices*

En un intento de aproximación a condiciones y tiempos reales de cultivo, se han realizado algunos trabajos en parcelas experimentales (Jaizme-Vega et al., 2002a). Los resultados muestran que el efecto positivo de la "inoculación temprana" de las microplántulas de platanera es evidente tras 9 meses de desarrollo en campo, pudiendo registrarse dependencias significativas con respecto al los controles sin inocular (Tabla 4).

Tabla 4. Efecto de *Glomus manihotis* y *G. intraradices* sobre el desarrollo, colonización y dependencia micorrícica de platanera micropropagada cv. 'Gran Enana' a los 9 meses después del trasplante a microparcela

	Peso Fresco (Kg)		Nº hojas	Nº hijos	Superficie Foliar (cm ²)	Colonización micorrícica (%)	Dependencia micorrícica relativa (%)
	Raíz	Parte Aérea					
Control	5,3 b*	9,2 a	14,0 a	3,7	50.192 a	59	--
<i>G. manihotis</i>	6,8 ab	6,9 a	14,3 a	2,2 b	44.256 a	71	5
<i>G. intraradices</i>	9,8 a	10,0 a	13,7 a	4,5 a	55.774 a	74	8

* Media de 10 repeticiones. Dentro de cada columna, las diferencias entre cifras seguidas de una misma letra no son estadísticamente significativas aplicando el Test de Fisher's ($P \leq 0,050$)

EVALUACIÓN DE FORMULADOS COMERCIALES

Todos los productos estudiados incrementan el desarrollo de las plantas frente al control (Figuras 1 y 2). Los datos obtenidos permiten observar en la mayoría de las variables medidas un predominio del producto Endorize Mix. Las plantas de este tratamiento resultaron ser las más favorecidas con un 40% de incremento en peso fresco de la parte aérea con respecto al control. Terra Vital genera el segundo incremento en importancia con (sobre el 30%), mientras que TRI-TON y MYCOTMgold, ocasionan sólo un 15% más de masa aérea. Los porcentajes de colonización micorrícica fueron estadísticamente iguales a pesar de las diferencias numéricas entre ellos (Figura 3) (Jaizme-Vega et al., 2002b).

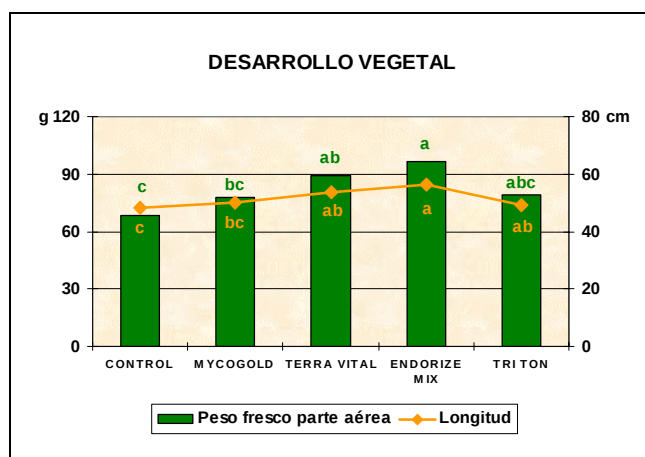


Figura 1. Efecto de cuatro inóculos comerciales sobre el desarrollo de platanera 4 meses después de la inoculación.

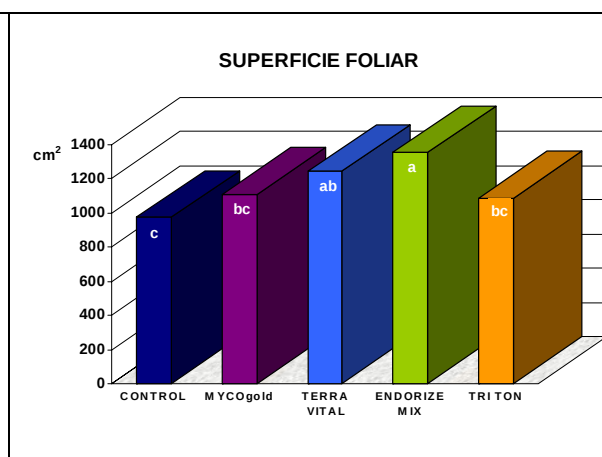


Figura 2. Efecto de cuatro inóculos comerciales sobre la superficie foliar de platanera 4 meses después de la inoculación.

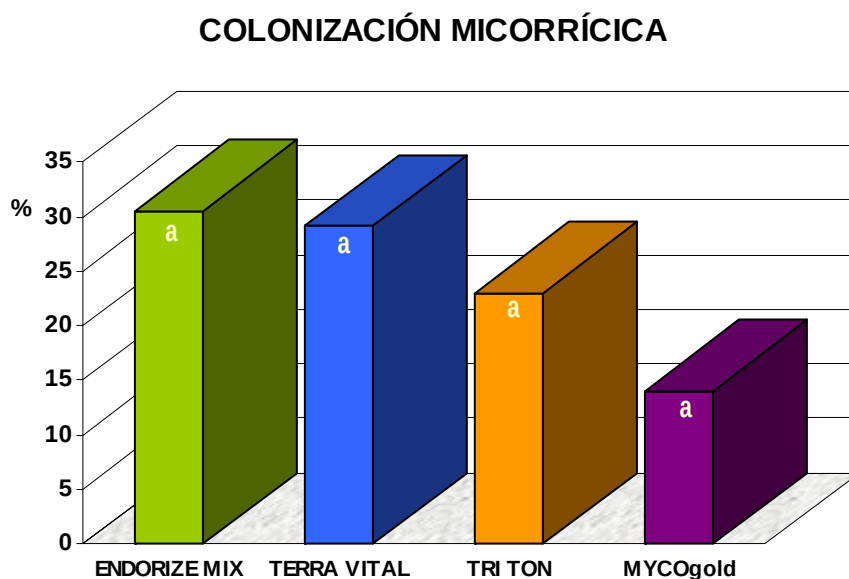


Figura 3. Efecto de cuatro inóculos comerciales sobre la colonización radical de platanera 4 meses después de la inoculación.

*Valores medios de 10 repeticiones y comparados mediante el Test de Rango múltiple de Tukey ($P \leq 0,050$)

EFECTO COMBINADO DE HONGOS MA Y RIZOBACTERIAS

Hongo MA: *Glomus manihotis*

Bacterias rizosféricas: Cóctel de *Bacillus* spp.

De manera general, el tratamiento que combinaba los dos tipos de microorganismos (*G. manihotis* + *Bacillus* spp.) presentó los valores más elevados en todas las variables, seguido del denominado como *Bacillus* spp. Tras éstos, se situó el tratamiento micorrizado y por último el control (Tablas 5 y 6). Las plantas doblemente inoculadas ostentaron diferencias estadísticamente significativas con respecto a los controles (Rodríguez-Romero, 2003).

Tabla 5. Efecto de la inoculación conjunta del hongo MA *G. manihotis* y el cóctel de especies del género *Bacillus* sobre el desarrollo de platanera micropropagada cv. 'Gran Enana' 4 meses y medio después de la inoculación bacteriana.

Tratamiento	Peso Fresco (g)		Pseudotallo		Superficie Foliar (cm ²)	Colonización Micorrízica (%)
	Raíz	Aérea	Longitud (cm)	Diámetro (cm)		
Control	30,6 b*	19,7 c	50,4 b	2,39 b	975,4 b	----
<i>G. manihotis</i>	35,0 ab	105,5 bc	51,4 b	2,75 ab	1041,1 b	46

<i>Bacillus</i> spp.	43,7 ab	128,5 ab	54,2 ab	2,91 ab	1174,5 ab	----
<i>G. manihotis</i> + <i>Bacillus</i> spp.	47,8 a	159,0 a	71,8 a	3,11 a	1365,2 a	43

* Media de 6 repeticiones. Los valores seguidos de la misma letra no presentan diferencias significativas según el Test de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0,050$)

Tabla 6. Efecto de la inoculación conjunta del hongo MA *G. manihotis* y el cóctel de especies del género *Bacillus* sobre el contenido foliar en macronutrientes de platanera micropropagada cv. 'Gran Enana' 4 meses y medio después de la inoculación bacteriana.

Tratamiento	Contenido en Nutrientes (mg/planta)		
	N	P	K
Control	240,43 b	205,2 b	583,61 a
<i>G. manihotis</i>	288,18 ab	219,6 b	490,54 a
<i>Bacillus</i> spp.	322,18 ab	285,6 ab	820,81 a
<i>G. manihotis</i> + <i>Bacillus</i> spp.	414,56 a	336,5 a	858,42 a

* Media de 6 repeticiones. Los valores seguidos de la misma letra no presentan diferencias significativas según el Test de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0,050$)

Trabajos dirigidos al estudio de la interacción de los hongos MA y las rizobacterias con determinados patógenos de raíz (nematodos y hongos vasculares):

Hongos MA - nematodos agalladores

Hongos MA: *Glomus mosseae* (colección) y *Glomus mosseae* (local)

Patógeno: *Meloidogyne incognita*

En todas las combinaciones evaluadas, se ha detectado que la interacción de los hongos MA con los nematodos agalladores aumenta la tolerancia del hospedador a *Meloidogyne*, compensando los daños causados por el nematodo mediante la reducción de la reproducción del patógeno, y el incremento en el desarrollo de la planta (Tabla 7). La presencia de los nematodos no afecta el desarrollo de los hongos MA. Sin embargo, las plantas micorrizadas registran una reducción en el número de nematodos por gramo de raíz (Jaizme-Vega *et al.*, 1997)

Los mecanismos relacionados con la supresión de nematodos mediante la simbiosis son hasta ahora desconocidos, pero podría relacionarse con una competición por el espacio o con cambios fisiológicos en la raíz que la hacen desfavorable como fuente de alimentación para los nematodos.

Tabla 7. Reproducción de *Meloidogyne incognita* y colonización micorrícica de 2 aislados de *Glomus mosseae* (cepa de colección y cepa nativa), sobre raíz de platanera micropropagada cv. 'Gran Enana', 7 meses después de la micorrización y 4 después de la inoculación con 5.000 nematodos/planta

Tratamiento ^x	Peso Fresco Raíz (g)	Nº Agallas /gramo	Nº Agallas /planta	Superficie Radical Agallada ^z %	Colonización micorrícica %
<i>M. incognita</i> P ₀ ^y	79,5 c	4,31 a	279,23 c	100	---
<i>M. incognita</i> P ₁	232,6 a	3,89 a	754,05 a	90	---
<i>G. mosseae</i> + <i>M. incognita</i> P ₀	202,6 b	2,24 bc	345,40 bc	52	88 a
<i>G. mosseae</i> + <i>M. incognita</i> P ₁	243,9 a	1,54 c	300,32 c	36	58 bc
<i>G. mosseae</i> -L + <i>M. incognita</i> P ₀	202,8 b	2,31 bc	367,60 bc	54	81 a
<i>G. mosseae</i> -L + <i>M. incognita</i> P ₁	241,2 a	2,75 b	521,13 b	64	67 b

^x Media de 14 repeticiones. Dentro de cada columna, las cifras seguidas de una misma letra no son estadísticamente significativas aplicando el Test de Newman-Keuls ($P \leq 0,050$). Los porcentajes de colonización MA fueron transformados a arcoseno para su análisis.

^y P₀= fertilización con valores de fósforo bajos (P₁/4); P₁= fertilización con valores de fósforo normales para esta fase del cultivo.

^z El agallamiento fue establecido en función del porcentaje del total del sistema radical agallado: desde 0 = sin agallas, a 100 = totalmente agallado (Barker, 1985).

Hongos MA - nematodos lesionadores

Hongos MA: *Glomus mosseae* (colección), *G. aggregatum* y *G. intraradices* Patógeno: *Pratylenchus goodeyi*

La aplicación de los hongos formadores de micorrizas durante la fase *post vitro* de esta especie, es beneficiosa para el desarrollo de la planta, compensando los daños causados por los nematodos lesionadores mediante un incremento en la nutrición y una reducción de las lesiones originadas por *Pratylenchus* en las raíces (Jaizme-Vega y Pinochet, 1997).

Cualquiera de los tres hongos MA evaluado redujo la población de nematodos (Tabla 8) y mejoró la nutrición de las plantas (Tabla 9).

Tabla 8. Reproducción de *Pratylenchus goodeyi* y colonización micorrícica de la raíz por aislados de *Glomus intraradices*, *G. aggregatum* y *G. mosseae* en combinación con el nematodo en banana cv. 'Gran Enana' 10 meses después de la inoculación con el hongo MA y 8 meses después de la inoculación con 2.000 nematodos por planta.

Tratamiento ^y	Índice Lesión Raíz (%) ^z	Población Final de Nematodos en Raíz	Nematodos /g Raíz	Colonización Micorrícica (%)
<i>Pratylenchus goodeyi</i> (Pg)	23 a	347.370	830	--
<i>G. intraradices</i> + Pg	13 b	214.610	510	32 b
<i>G. aggregatum</i> + Pg	15 b	319.830	640	34 b
<i>G. mosseae</i> + Pg	4 c	285.900	740	47 a
		NS	NS	

^y Los datos son medias de 15 repeticiones. Los valores en la misma columna seguidos por la misma letra no difieren significativamente de acuerdo al test de Tukey ($P \leq 0.05$). Los datos actuales se presentan para reproducción de nematodos basados en el $\log_{10} (x+1)$ valores transformados para su análisis. Los porcentajes del índice de lesiones de raíz y de la colonización MA se transformaron a arcoseno para su análisis. NS = no significativo.

^z Índice de lesiones de la raíz basados en porcentaje de tejido de raíz lesionado (Pinochet, 1988).

Tabla 9. Efecto de tres hongos MA en la nutrición de macronutrientes (NPK) de plantas micropropagadas de banana cv. 'Gran Enana' en suelo infestado con *Pratylenchus goodeyi*, 10 meses después de la inoculación con el hongo MA y 8 meses después de la inoculación con 2.000 nematodos por planta

Tratamiento	Contenido en Nutrientes(mg/planta)		
	N	P	K
<i>Pratylenchus goodeyi</i> (Pg)	375 b	29,8	790
<i>G. intraradices</i> + Pg	409 ab	32,7	836
<i>G. aggregatum</i> + Pg	460 a	31,2	835
<i>G. mosseae</i> + Pg	449 a	31,4	833
		NS	NS

^z Los datos son medias de 15 repeticiones. Los valores en la misma columna seguidos por la misma letra no difieren significativamente de acuerdo al test de Tukey ($P \leq 0,050$)

Hongos MA – *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*

**Hongos MA: *Glomus intraradices* y *Glomus* spp.
Patógeno: *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense***

La inoculación con FOC redujo el porcentaje de colonización de los hongos MA, sin consecuencias para la expresión del efecto micorriza sobre el desarrollo y la nutrición de la planta (Tabla 10). La presencia de los hongos MA modificó los síntomas externos relacionados con la enfermedad. Los daños visibles fueron menos intensos, particularmente los conocidos como oscurecimiento de peciolo y necrosis internervial (Figura 4). El resquebrajamiento del pseudotallo fue considerablemente reducido (Figura 5) y no se presentaron casos de enanismo en las plantas micorrizadas (Figura 6) (Jaizme-Vega *et al.*, 1998).

Tabla 10. Área afectada del rizoma por *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (FOC) y colonización radical por los hongos MA en platanera micropropagada cultivar 'Gran Enana' al finalizar el ensayo (5 meses después de la micorrización y 3 después de la inoculación con FOC)

Tratamiento ^y	Rizoma Necrosado ^z (%)		Colonización Micorrízica (%)
	1/3	1/4	
FOC	36 a	57 a	----
<i>Glomus intraradices</i>	----	----	76 a
<i>Glomus</i> spp.	----	----	44 c
<i>Glomus intraradices</i> + FOC	19 a	39 b	56 b
<i>Glomus</i> spp. + FOC	25 a	42 b	23 d

^y Media de 12 repeticiones. Dentro de cada columna, las cifras seguidas de una misma letra no son estadísticamente significativas aplicando el Test de Tukey ($P \leq 0,050$). Los datos han sido transformados en arcoseno para su análisis.

^z Observaciones realizadas sobre cortes a distintos nudos en el rizoma (1/3 y 1/4)

Fig. 4.- Evolución de los síntomas externos (necrosis internervial) producidos por *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* sobre plantas micorrizadas con dos hongos MA (*Glomus intraradices* y *Glomus* spp.).

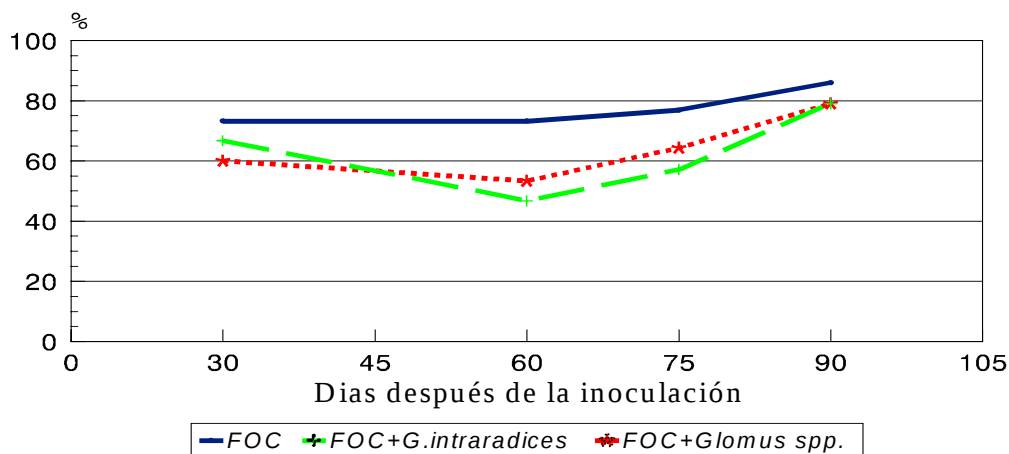


Fig. 5.- Resquebrajamiento de pseudotallo en las plantas al finalizar el ensayo (5 meses después de la aplicación de *Glomus intraradices* y *Glomus* spp. y 3 meses después de la inoculación con *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*, FOC)

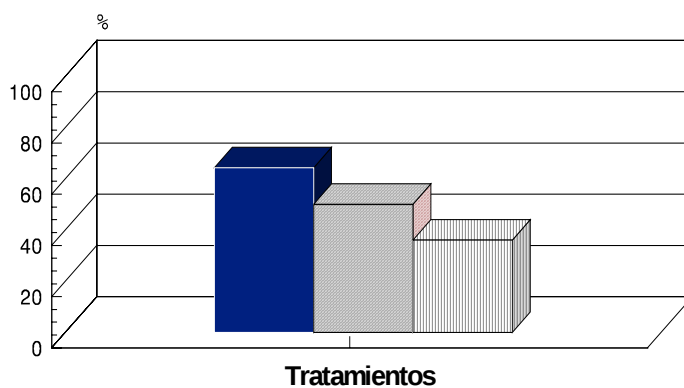
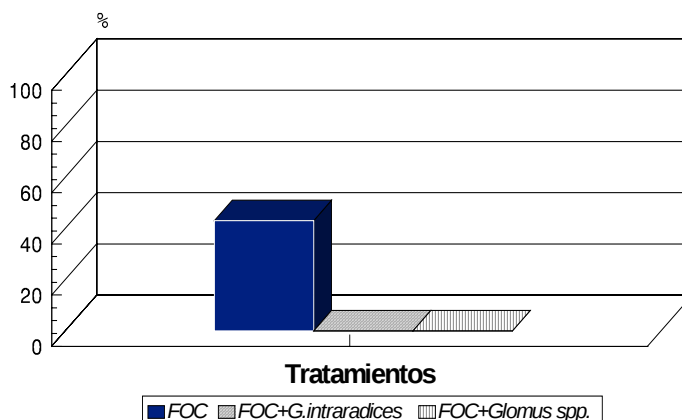


Fig. 6. Enanismo en las plantas al finalizar el ensayo (5 meses después de la aplicación de *Glomus intraradices* y *Glomus* spp. y 3 meses después de la inoculación con *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*, FOC)



Consorcio (hongo MA + rizobacterias) – nematodos agalladores

Hongos MA: *Glomus mosseae* (local)
Bacteria rizosférica: *Pseudomonas fluorescens* cepas 291 y 817
Patógeno: *Meloidogyne javanica*

Efecto de MA y *P. fluorescens* 291

En los tratamientos inoculados con microorganismos benéficos se observó una reducción de los niveles poblacionales significativa en todos los casos salvo, para la población de *M. javanica* en raíz de las plantas tratadas con *P. fluorescens* 291 (Tabla 11). Las reducciones son especialmente notables en la tasa de reproducción del patógeno, en donde la inoculación con el hongo MA solo o en combinación con la cepa bacteriana reduce a la mitad el valor detectado en las plantas control (Rodríguez-Romero, 2003):

Tabla 11. Efecto de *Glomus mosseae* y *Pseudomonas fluorescens* 291 sobre la reproducción de *Meloidogyne javanica* en platanera

Tratamiento	Nº nematodos/g raíz	Población de nematodos en raíz	Tasa de Reproducción (Pf/Pi)
<i>M. javanica</i> (Mj)	9.360 a*	$1,5 \times 10^6$ a	151 a
<i>G. mosseae</i> + Mj	4.697 b	$7,9 \times 10^5$ b	75 b
<i>P. fluorescens</i> 291 + Mj	6.192 b	$1,1 \times 10^6$ ab	105 b
<i>G. mosseae</i> + <i>P. fluorescens</i> 291 + Mj	4.796 b	$7,8 \times 10^5$ b	75 b

*Media de 10 repeticiones. Los valores dentro de una misma columna seguidos por idéntica letra, no presentan diferencias estadísticamente significativas según el Test de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0,050$).

Efecto de MA y *P. fluorescens* 817

En este caso se aprecian reducciones significativas en todas las variables relacionadas con la reproducción del nematodo, para todos los tratamientos (Tabla 12). Las reducciones observadas tras la doble inoculación son ligeramente inferiores a la detectada en las inoculaciones aisladas. A pesar de ello, resultan ser estadísticamente igual a éstas (Rodríguez-Romero, 2003).

Tabla 12. Efecto de *Glomus mosseae* y *Pseudomonas fluorescens* cepa 817 sobre la reproducción de *Meloidogyne javanica* en platanera

Tratamiento	Nº nematodos/g raíz	Población de nematodos en raíz	Tasa de Reproducción (Pf/Pi)
<i>M. javanica</i> (Mj)	9.360 a*	1,5x10 ⁶ a	151 a
<i>G. mosseae</i> +Mj	4.697 b	7,9x10 ⁵ b	75 b
<i>P. fluorescens</i> 817 + Mj	4.878 b	8,2x10 ⁵ b	78 b
<i>G. mosseae</i> + <i>P. fluorescens</i> 817 + Mj	5.268 b	8,9x10 ⁵ b	84 b

*Medias de 10 repeticiones. Los valores dentro de una misma columna seguidos por idéntica letra, no presentan diferencias estadísticamente significativas según el Test de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0,050$).

CONCLUSIONES

Ante todo lo expuesto anteriormente podemos concluir lo que sigue:

- La micorrización temprana beneficia el desarrollo de la platanera micropropagada e incrementa la tolerancia de este cultivo a situaciones de estrés, lo que constituye una medida de aplicación práctica para la adaptación durante la fase *post vitro*. Este efecto se prolonga tras 9 meses de desarrollo en campo bajo un programa de fertilización similar al de un sistema de explotación comercial.
- Los inóculos micorrícicos comerciales ensayados resultaron eficaces, poniendo de manifiesto las posibilidades de esta biotecnología para ser utilizada rutinariamente en los sistemas de producción.
- La micorrización temprana incrementa la tolerancia de la platanera a hongos vasculares (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*), limitando además la reproducción del patógeno frente a nematodos agalladores y lesionadores (*Meloidogyne incognita*, *M. javanica* y *Pratylenchus goodeyi*).
- La inoculación conjunta de hongos MA y bacterias promotoras del desarrollo vegetal en platanera aporta beneficios significativos al desarrollo de la planta y podría representar una alternativa viable frente a determinados estrés bióticos.
- Finalmente, ante estas perspectivas y dado que hasta el momento la mayoría de la información disponible se ha obtenido bajo condiciones experimentales controladas, consideramos que serían necesarios futuros trabajos coordinados entre patólogos, fisiólogos y "micorrizólogos", con el fin de incluir el empleo de estos microorganismos como una estrategia biotecnológica en los sistemas de producción vegetal y hacerla compatible con otras prácticas alternativas complementarias como puede ser la solarización, las enmiendas orgánicas, etc...

BIBLIOGRAFÍA

- Azcón-Aguilar C, Jaizme-Vega MC y Calvet C (2002) The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to the control of soil-borne plant pathogens. *En: Mycorrhizal Technology in Agriculture: from Genes to Bioproducts*. S Gianinazzi, H Schüepp, JM Barea y K Haselwandter (Eds.). Birkhäuser Verlag, Switzerland. pp.187-197.
- Baker KR (1985) Nematode extraction and bioassays. *En: KR Barker, CC Carter y JN Sasser (Eds.). An advanced treatise on Meloidogyne*. Vol. II. Methodology. North Carolina State University. Graphics Raleigh NC.
- Bakker PAHM, van der Sluis I, Verhagen B, de Jong M, y van Loon LC (2000) Determinants of *Pseudomonas putida* WCS358 that are involved in induced systemic resistance in *Arabidopsis thaliana*. Auburn University Web Site. Disponible: <http://www.ag.auburn.edu/argentina/pdfmanuscripts/Bakker.pdf>
- Barea JM (1997) Mycorrhiza/bacteria interactions on plant growth promotion. *En: Plant growth-promoting rhizobacteria, present status and future prospects*. A Ogoshi, L Kobayashi, Y Homma, F Kodama, N Kondon y S Akino (Eds.). OECD, Paris. pp.150-158.
- Barea JM, Azcón-Aguilar C y Azcón R (1997) Interactions between mycorrhizal fungi and rhizosphere microorganisms within the context of sustainable soil-plant systems. *En: Multitrophic interactions in terrestrial systems*. AC Gange y VK Brown. (Eds.). Blackwell Science, Oxford. pp. 65-77.

- Barea JM, Andrade G, Bianciotto V, Dowling D, Lohrke S, Bonfante P, O'Gara F y Azcón-Aguilar C (1998) Impact on arbuscular mycorrhiza formation of *Pseudomonas* strains used as inoculants for the biocontrol of soil-borne plant fungal pathogens. *Applied Environmental Microbiology*. 64: 2304-2307.
- Barea JM, Azcón R y Azcón-Aguilar C (2002) Mycorrhizosphere interactions to improve plant fitness and soil quality. *Antonie van Leeuwenhoek*. 81: 343-351.
- Brundett MS, Piche Y y Peterson RL (1985) A development study of the early stages in vesicular arbuscular mycorrhizal formation. *Canadian Journal of Botany*. 63: 184-194.
- Budi SW, van Tuinen D, Martinotti G y Gianinazzi S (1999) Isolation from *Sorghum bicolor* mycorrhizosphere of a bacterium compatible with arbuscular mycorrhiza development and antagonistic towards soil-borne fungal pathogens. *Applied Environmental Microbiology*. 65: 5148-5150.
- Declerck S, Devos B, Delvaux B y Plenchette C (1994) Growth response of micropropagated banana plants to VAM inoculations. *Fruits*. 49 (2): 103-109.
- Declerck S, Plenchette C y Strullu DG (1995) Mycorrhizal dependency of banana (*Musa acuminata* AAA group) cultivar. *Plant & Soil*. 176:183-187.
- Declerck S, Risède JM, Rufikiri G y Delvaux B (2002) Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on severity of root rot of bananas caused by *Cylindrocladium spathiphylli*. *Plant Pathology* 51: 109-115.
- Girija VK y Nair SK (1988) Incidence of VAM in banana varieties. *Indian Journal of Microbiology*. 28 (3-4): 294-295.
- Hewitt EJ (1952) Sand and water culture method used in the study of plant nutrition. Technical communication. 22 Farnham Royal Commonwealth Agriculture Bureau, Bucks.
- Jaizme-Vega MC y Azcón R (1995) Response of some tropical and subtropical cultures to endomycorrhizal fungi. *Mycorrhiza*. 5:213-217.
- Jaizme-Vega MC y Pinochet J (1997) Growth response of banana to three mycorrhizal fungi in *Pratylenchus goodeyi* infested soil. *Nematropica* 27 (1):69-76.
- Jaizme-Vega MC y Rodríguez-Romero AS (2002). Aplicación de micorrizas sobre el cultivo de platanera. Avances de la investigación en Canarias. En: Actividades del ICIA en platanera. Ed. Fernández Galván D y Hernández Delgado PM. Publicado por ICIA. Gobierno de Canarias
- Jaizme-Vega MC, Galán V y Cabrera J (1991) Preliminary results of VAM effects of banana under field conditions. *Fruits*. 46. (1): 19-22.
- Jaizme-Vega MC, Tenoury P, Pinochet J y Jaumot M (1997) Interactions between the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* and the mycorrhizal association *Glomus mosseae* and Grande Naine banana. *Plant and Soil*. 196:27-35.
- Jaizme-Vega MC, Sosa Hernández B y Hernández Hernández JM (1998) Interaction of arbuscular mycorrhizal fungi and the soil pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* on the first stages of 'Grande Naine' banana. En: Proceedings of the 1st International Symposium on Banana in the Subtropics, Puerto de la Cruz, Tenerife, Spain. 10-14 Nov 1997. *Acta Horticulturae* 490: 285-295.
- Jaizme-Vega MC, Barroso Núñez L, Rodríguez-Romero AS y Tenoury Domínguez P (2000) Resultado de la interacción de hongos formadores de micorrizas y rizobacterias sobre la reproducción de *Meloidogyne incognita* en papaya. X Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología. 3-6 Octubre, Valencia, España. p.220.
- Jaizme-Vega MC, Esquivel Delamo M, Tenoury P y Rodríguez-Romero AS (2002a) Efectos de la micorrización sobre el desarrollo de dos cultivares de platanera micropropagada. *INFOMUSA*. 11(1): 25-28.
- Jaizme-Vega MC, Rodríguez-Romero AS y Barroso Núñez L (2002b) Evaluation of four commercial arbuscular mycorrhizal fungi inocula on micropropagated banana on the first development stages COST ACTION 8.38 Meeting. Pisa, 10-12 Octubre.

- Jaizme-Vega MC, Rodríguez-Romero AS y Piñero Guerra MS (2004). Potential use of rhizobacteria from the *Bacillus* genus to stimulate the plant growth of micropropagated banana. *Fruits*. 59: 83-90.
- Janos DP (1988) VA mycorrhizas in humid tropical ecosystem. *En: Ecophysiology of VAM plants*. Safir GR. (Ed.). CRC Press, Inc., Boca Ratón. pp. 107-134.
- Jonathan EI, Barker KR, Abdel-Alim FF, Vrain TC y Dickson DW (2000) Biological control of *Meloidogyne incognita* on tomato and banana with rhizobacteria, actinomycetes and *Pasteuria penetrans*. *Nematropica*. 30: 231-240.
- Kloepper JW y Schroth MN (1978) Plant growth-promoting rhizobacteria on radishes. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Plant Pathogenic Bacteria*. Vol. 2, Station de Pathologie Végétale et Phytobactériologie, INRA, Angers (ed.). Gibert-Clairey, Tours, pp: 879-882.
- Kloepper JW, Zablotowicz RM, Tipping B y Lifshitz R (1991) Plant growth promotion mediated by bacterial rhizosphere colonizers. In *The Rhizosphere and Plant Growth*. D.L. Keister and P.B. Cregan (eds.). Kluwer academic Publ. Dordrecht, pp. 315-326.
- Knight S (1988) The phosphorus nutrition of bananas with special emphasis on VA mycorrhizal fungi and the effect of nitrogen. *Banana Newsletter* 11-18.
- Koske RE y Gemma JH (1989) A modified procedure for staining root to detect VA mycorrhizas. *Mycological Research*. 92:486-505.
- Lin CH y Chang DCN (1987) Effect of three *Glomus* endomycorrhizal fungi on the growth of Micropropagated banana plantlets. *Trans. Mycol. Soc. Rep. China* 2 (1): 37-45.
- Lin M y Fox R (1987) External and internal P requirements of mycorrhizal and non-mycorrhizal banana plants. *Journal of Plant Nutrition* 10 (9-16): 1341-3148.
- Linderman RG (2000) Effects of mycorrhizas on plant tolerance to diseases. *En: Arbuscular Micorrizas: Physiology and Function*. Y Kapulnik y DD Jr. Douds (Eds.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. pp. 345-365.
- Neilands JB y Nakamura K (1991) Detection, determination, isolation, characterization and regulation of microbial iron chelates. In *CRC Handbook of Microbial iron Chelates*, G. Winkelmann, ed. (London: CRC Press), pp. 1-14.
- Pinochet J (1988) Nematode problems in *Musa* spp.: pathotypes of *Radopholus similis* and breeding for resistance. Pp. 66-70. *En: Nematodes and the Borer Weevil in Bananas: Present status of research and outlook*. Bujumbura, Burundi, 7-11 December 1988. INIBAP. Montpellier, France.
- Pinochet J, Fernández C, Jaizme-Vega MC y Tenoury P (1997) Micropropagated banana infected with *Meloidogyne* responds to *Glomus intraradices* and phosphorus. *HortScience*. 32(1): 101-103.
- Plenchette C, Fortin JA y Furlan V (1983) Growth responses of several plant species to mycorrhiza in a soil of moderate P fertility. I. Mycorrhizal dependency under field conditions. *Plant and Soil*. 70: 191-209.
- Rajappan K, Vidhyasekaran P, Sethuraman K y Baskaran TL. (2002) Development of powder and capsule formulations of *Pseudomonas fluorescens* strain Pf-1 for control of banana wilt. *Zeitschrift fur Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*. 109: 80-87
- Rizzardi V (1990) Effect of inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the growth of micropropagated *Musa acuminata* clone 'Grand Nain'. *Rivista Agricoltura Subtropicale e Tropicale*. 84 (3):473-484.
- Rodriguez-Romero, AS (2003) Alternativas biotecnológicas en cultivares de Musa frente a los principales patógenos de suelo en Canarias. Tesis Doctoral. Universidad de La Laguna

Slezack S, Dumas-Gaudot E, Paynot M y Gianinazzi S (2000) Is a fully established arbuscular mycorrhizal symbiosis required for bioprotection of *Pisum sativum* roots against *Aphanomyces euteiches*? Molecular Plant Microbiology Interaction 13:238-241.

Smith SE y Read DJ (1997) Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, London.

Sutra L, Risede JM y Gardan L (2000) Isolation of fluorescent *Pseudomonas* from the rizhosphere of banana plants antagonistic towards root necrosing fungi. Letters in Applied Microbiology. 31 (4): 289-293.

Thomashow LS y Weller DM (1995) Current concepts in the use of introduced bacteria for biological control: mechanisms and antifungal metabolites. En: Plant-Microbe Interactions. (Eds.). G Stacey y N Keen. Chapman and Hall, New York. pp. 187-235.

Umesh KC, Kirshnappa K y Bagyaraj D.J. (1988) Interaction of burrowing nematode, *Radopholus similis* (Cobb, 1893) Thorne 1949, and VA mycorrhiza, *Glomus fasciculatum* (Thaxt.) Gerd. And Trappe in banana (*Musa acuminata* colla.). Indian Journal of Nematology. 18: 6-11.

Yano-Melo AM, Orivaldo JS Jr, Lima-Filho JM, Melo NF y Maia LC (1999) Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the acclimatization of micropropagated banana plantlets. Mycorrhiza. 9: 119-123.

SITUACIÓN INTERNACIONAL Y PERSPECTIVAS PARA EL MANEJO POSCOSECHA DE FRUTA DE BANANO: UN ENFOQUE DE TECNOLOGÍA COMERCIAL

Ing. Marco Vinicio Sáenz M. Laboratorio de Tecnología Poscosecha Centro de Investigaciones Agronómicas Universidad de Costa Rica

INTRODUCCIÓN

Hacer un recuento de la tecnología actualmente en uso durante la etapa poscosecha de banano y las perspectivas que se abren a futuro, no es tarea fácil, en una actividad de la economía donde la fase de producción se lleva a cabo en países subdesarrollados y la fase de comercialización en países de un desarrollo tecnológico superior, existen enormes diferencias en cuanto a la forma de abordar los problemas y obviamente en las soluciones a que se llega. Por otro lado, una gran parte de los desarrollos en cuanto a tecnología de campo y poscosecha son producidos por las grandes compañías bananeras y en consecuencia casi nunca se publican resultados, en otros casos por grupos de investigación con patrocinio internacional cuya perspectiva de trabajo no siempre está orientada a satisfacer las necesidades de mercado, o al menos no desde la perspectiva de los productores en países tropicales.

Este trabajo reúne la situación actual más generalizada en cuanto a manejo poscosecha del banano, los cambios a corto plazo y la perspectiva de cambio a mediano y más largo plazo, basado en el trabajo de investigación de diversos grupos a nivel mundial, incluido el nuestro en la Universidad de Costa Rica, y necesariamente las opiniones del autor, desde una perspectiva de producción comercial tal como priva en la mayoría de los países de América.

Para lograr el análisis crítico del sistema de manejo poscosecha actual, será necesario separarlo en actividades y analizarlas tan detenidamente como permita el espacio y el tiempo, reconociendo las fuerzas motrices de los cambios: necesidad comercial (costos/calidad), presión de responsabilidad ambiental y social e inocuidad de la producción.

DECISIÓN DEL MOMENTO DE COSECHA

Desde el advenimiento de los clones Cavendish la decisión del momento de cosechar ha variado relativamente poco, se basa en la edad cronológica del racimo, a veces medida desde la parición o desde el momento del embolsado del racimo, los racimos se marcan con cintas de colores y darán el indicativo visual a los trabajadores sobre cual racimo cosechar, adicionalmente se toma en cuenta el calibre (diámetro del dedo central de la tercera mano), y este variará si la fruta será exportada a mercados cercanos o lejanos. En ambos casos el sistema intrínsecamente ignora la edad fisiológica de la fruta. En nuestros países de clima tropical se suele obviar el hecho que las condiciones de clima son cambiantes a lo largo del año, si bien esos cambios son menos extremos que en condiciones de clima templado, aun son lo suficientemente grandes para alterar el patrón de crecimiento de la fruta y afectar la llegada a madurez fisiológica de la fruta y por ende al inicio de la maduración natural, que es el mayor temor de los exportadores de banano. Condiciones como luminosidad, disponibilidad de agua, temperaturas, vientos fuertes, fertilidad del suelo, nematodos, y particularmente la presencia de Sigatoka pueden afectar grandemente el tamaño de la fruta y su relación con madurez fisiológica al colocar a la planta en una situación de estrés, y en esas condiciones se favorece la producción endógena de etileno. Recientemente, en una reunión de administradores de fincas bananeras en Costa Rica, donde discutíamos este aspecto, surgió de nuevo la necesidad imperiosa que las fincas de banano entren en sistemas de agricultura de precisión, manejando mucha más información que en la actualidad, en lotes específicos, información como clima, fertilidad, sigatoka, crecimiento, área foliar funcional, niveles de agua en el suelo, calidad del racimo, etc., y que a través de la colecta de información y su procesamiento se pudieran aprovechar los modelos de crecimiento de la planta y del racimo que se han desarrollado, empleándolos como sistemas de predicción de cosecha, incluso retomando viejos conceptos como el concepto grado-día que correlaciona bien las condiciones de temperatura con edad fisiológica de la fruta. El trabajo no es fácil y muchos de esos modelos deberán revisarse y adaptarse, sin embargo, una decisión de cosecha basada en el comportamiento fisiológico real del racimo, sin olvidar los condicionantes de mercado podría conllevar a un mejor aprovechamiento a nivel de empacadora, reducción de riesgos de pérdidas en tránsito y sobre todo una mejor predicción de los volúmenes disponibles para la venta en periodos específicos. El cambio en los sistemas de decisión de cosecha requieren cambios en el corto plazo merced a que los cambios climáticos en todas las zonas de producción han aumentado la incertidumbre sobre el estado real de la fruta al momento de cosecha y se ha incrementado el rechazo a nivel de empacadora de racimos sobre maduros.

Desde el punto de vista de tecnologías nuevas, algunas compañías han estado explorando la posibilidad de emplear algunas de las características eléctricas de la fruta, conductancia específicamente, como un índice de cosecha, los pocos datos disponibles en este respecto indican que si bien es posible hacer algunas predicciones, los cambios en la conductividad eléctrica de la pulpa y cáscara del banano no son tan grandes en las etapas previas a cosecha y si son de gran magnitud al iniciarse el proceso de maduración, por lo que la posible detección requerirá equipo sumamente sensible y potencialmente caro.

Por otro lado, los australianos han estado trabajando sobre el uso potencial del espectro infrarrojo cercano (NIR) que permite analizar contenidos internos de diversas sustancias como almidones, azúcares, ácidos, etc., como una posible herramienta para analizar la fruta de manera no destructiva en el campo y decidir cosecha con base en la presencia de algún compuesto que correlacione de manera muy alta con el comportamiento poscosecha de la fruta. De nuevo, una de las limitantes del método es que la fruta de banano se cosecha en etapa preclimática, donde los cambios en los parámetros mayores (azúcares, almidones, etc.) son muy pequeños. Sin embargo, el equipo de detección NIR presenta la enorme ventaja que puede medir una amplia gama de compuestos y sería teóricamente posible detectar incluso cambios de concentración en enzimas específicas asociadas a la llegada a madurez Fisiológica.

OPERACIÓN DE COSECHA

La operación de cosecha se sigue realizando igual que en los albores de la industria bananera, una vez identificado el racimo a ser cortado se procede a debilitar el tallo de la planta con unos cuantos cortes realizados ya con el machete ya con una hoja filosa al extremo de una vara o pértiga, en ambos casos se persigue que el tallo ceda y permita la caída parcial de racimo hasta una altura conveniente para ser recibida en la espalda del operario acarreador, antes de ser cortada se colocan las almohadillas separadoras entre las manos, una vez colocado sobre la espalda del acarreador el operario cortador procede a seccionar el pinzote y separar el racimo de la planta. El cambio más reciente en esta operación se produjo con la introducción de almohadillas de espuma para evitar el roce del racimo con el hombro del trabajador y la posterior modificación de estas almohadillas hacia una estructura más grande, sólida y más amortiguadora. Si bien existen múltiples posibilidades de dañar el racimo durante la operación de cosecha, y especialmente durante el transporte en hombros a través de la plantación y hasta el cable vía debido a la multiplicidad de obstáculos en las plantaciones. La práctica generalizada de cosecha manual y acarreo en la espalda de un operario difícilmente podrían cambiar dos razones básicas: a- La cosecha manual implica mucho menos daño mecánico que la cosecha mecánica, de hecho la cosecha manual es el estándar para la cosecha de frutas destinadas a consumo fresco, b- La presencia de múltiples obstáculos como canales de drenaje, cable vías, plantaciones desordenadas, el hecho que las plantas de banano se "mueven" a través del tiempo, hacen muy difícil pensar en algún sistema de cosecha mecanizada, es probable que el sistema actual de cosecha seguirá en uso por algún tiempo más. Sin embargo, siempre existen oportunidades de mejoría, y en este caso en particular se basan en entrenamiento del personal y el sistemas de incentivos/castigos para defender la calidad de la fruta. Las otras mejorías posibles en cuanto a facilitar la cosecha implican el mantener las plantaciones de banano más ordenadas, en ese respecto las plantaciones en doble surco han ayudado mucho a facilitar el tránsito del acarreador por la plantación, posiblemente cambios en el sistema de apuntalamiento podrían mejorar aun más la transitabilidad de las plantaciones

Otra preocupación que apenas está empezando a consolidarse, es la posibilidad de contaminación microbiológica durante el proceso de cosecha. Por presión de las nuevas regulaciones sobre seguridad de los alimentos, tanto los operarios como su entorno de trabajo deben mejorar en aspectos de higiene, incluyendo servicios sanitarios, acceso a agua limpia para lavado de manos, cultura de higiene personal y de equipos, todo inmerso en el ambiente de una plantación que pone limitantes físicas para implementar sistemas de inocuidad de alimentos. A pesar que la presión en este sentido es moderada, debe tenerse en cuenta y posiblemente conlleve a mejorías en el diseño de plantaciones y en la higiene general de las plantaciones.

TRANSPORTE A EMPACADORA

La gran mayoría de plantaciones comerciales de banano poseen sistema de cable vía, el sistema se empezó a implementar desde inicios del siglo 20 y ha cambiado poco en su concepto general, los racimos de Cavendish que son mucho más sensibles a daño mecánico que los de Gross Michel y otras variedades viejas no tolerarían un sistema de transporte que implicara compresión del racimo. El sistema de cable vía, si bien más benigno que el transporte de racimos en carretas, siempre implica la posibilidad de daño mecánico, dependiendo de la velocidad del transporte el racimo tiende a oscilar y con la oscilación aumenta la posibilidad de contacto entre

manos del mismo racimo y el consecuente daño mecánico. El acarreo de racimos en cable vía halado por un operario se hace a una velocidad tal que reduce el daño por oscilación en comparación con sistemas de cable-motor (equipo mecánico adaptado al cable vía que hala o arrastra los racimos). La introducción de almohadillas largas y delgadas entre las manos, para evitar el contacto entre estas ha minimizado del daño por transporte, sin embargo la limpieza de esas almohadillas es una preocupación real ya que con el uso se impregnan de látex, suciedades, y son un depósito de esporas de hongos que pudieran afectar la fruta, más aun su constante manipuleo y escasa higiene pueden hacerlas una fuente de contaminación microbiológica inaceptable para asegurar la inocuidad de los frutos de banano. A pesar de la conciencia que el transporte puede acarrear daño mecánico, el sistema se ha estudiado poco y existen oportunidades de mejoría, especialmente en aspectos operacionales como velocidad óptima de movimiento. Un equipo de ingenieros industriales en Costa Rica está en proceso de evaluar el sistema y eventualmente sugerir posibles mejorías, ya sea de diseño del cable vía o de su operación.

Otro aspecto que puede afectar el transporte lo constituyen los puentes sobre los canales de drenaje y otros accidentes, en general ha habido una tendencia a mejorar esos puentes en virtud de las normas de seguridad ocupacional implantadas en algunos países, pero aun persiste el riesgo de accidentes que obviamente afectarían primariamente al trabajador, pero también a la fruta.

La cobertura sobre los cable vías es pobre, la mayoría de ellos discurren en un camino totalmente despejado lo que implica exposición directa de los racimos a la luz solar, esto podría acarrear problemas de calidad por quemaduras de sol, sobre-calentamiento de la fruta, etc, obviamente asociados al tiempo de espera y transporte.

El uso de grasa para facilitar el rodamiento de los carritos individuales sobre el cable vía implica una amenaza de contaminación química del producto, ya se están tomando medidas al respecto, empleando la cantidad y el tipo adecuados de grasa lubricante.

PATIO DE RECIBO/ INSPECCIÓN

Una vez llegados a la planta empacadora, los racimos deben esperar para su proceso en una zona destinada para ello, en Costa Rica la mayoría de esos patios de recibo están techados con lámina de hierro, en otros lugares usan malla de sarán para proveer sombra adecuada a los racimos, esto evita sobrecalentamiento, exposición al sol y las consecuentes quemaduras y evita que pájaros puedan defecar sobre los racimos. Es fundamental que el patio de recibo sea una zona fresca y que el tiempo de espera sea mínimo.

En el patio de recibo, un inspector de calidad toma datos sobre los racimos y decide cuales de ellos pasarán a proceso de empaque. Los datos incluyen lote de proveniencia, peso, estado de desarrollo, calidad general, se revisa el grado, y se cortan algunos dedos para revisar coloración interna, si el muestreo revela síntomas de maduración inicial se desecha el racimo, de igual manera se desechan racimos excesivamente deformes, excesivamente pequeños, excesivamente llenos o desarrollados y por supuesto aquellos faltos de grado o muy manchados. Esta operación permite discriminar por calidad y madurez y juzgar la calidad del trabajo de los cosechadores.

Es en esta etapa de recolección de información donde muchos sienten que la información recolectada no se emplea de todas las formas posibles, sería deseable que la información sobre calidades de racimos pudieran alimentar un sistema de toma de decisiones que ajustara los parámetros de manejo agronómico de las plantaciones, ajustando el sistema por bloques o lotes específicos en función de la calidad de la fruta que este produce. En esta etapa, el contar con métodos instrumentales más sofisticados podría ayudar al inspector a mejorar su toma de decisiones.

Cuando no se ha llevado a cabo desflora en el campo, la desflora de los racimos debe hacerse en esta etapa, eso implica que deberá haber manipulación de los racimos, se general heridas producto de la remoción de flores, las heridas producen salida de latex y aumenta el riesgo de daño por látex en la fruta. Las flores son una excelente fuente de inóculo de los hongos causantes de pudrición de corona y cualquier residuo de flores pudiera ser problemática en ese sentido. La desflora temprana tiene pues implicaciones tanto sobre la velocidad de crecimiento de la fruta como sobre la sanidad de esta en la etapa de poscosecha.

En esta etapa las oportunidades de nuevos desarrollos se basan en la mejoría en la toma de datos, manejo de la información para alimentar sistemas de toma de decisiones, mejor entrenamiento para los operarios, métodos instrumentales para medir calidad interna más precisos y lo suficientemente rápidos para ser prácticos. Es probable que un lavado por aspersión del racimo completo antes de entrar a proceso reduzca la carga de suciedad que entra a la empacadora, especialmente tierra, residuos vegetales, látex fresco, y tal vez reduzca la carga microbiológica si se adiciona un producto adecuado. Por otro lado es probable que el banano húmedo

antes de desmane sea menos susceptible a que el látex produzca daños o simplemente se adhiera a la superficie.

Recientemente hemos sugerido que un corte en el extremo distal de pinzote del racimo recién entrado a la planta podría ayudar a drenar al menos una pequeña parte del látex que de otra manera entrará a las pilas de la empacadora, esta práctica, sin embargo, no ha sido evaluada hasta ahora.

DESMANE

La operación de remoción de las manos completas del racimo es una operación que debe hacerse rápido y que a la vez representa múltiples riesgos a la calidad de la fruta. En general se pretende que esta operación deje la mayor cantidad posible de pinzote adherido a la mano, de tal suerte que los gajos o clusters puedan formarse bien, con suficiente corona. Sin embargo demasiado pinzote implica un exceso de materia inútil entrando a la empacadora y debe ser removido y separado de las aguas residuales. La operación puede llevarse a cabo con cuchillo curvo para desmane (más largo) o con cuchara de desmane, en ambos casos debe ser un instrumento muy filoso y debe ser manejado con pericia por el operario para no dañar la fruta y no herirse. El desmanador puede separar las manos de acuerdo a calidades definidas por tamaño y forma de los dedos.

La mano separada se deja caer en una pila con agua, esta pila debe evitar que el látex se adhiera a la fruta, usualmente se adiciona alumbre (sulfato de aluminio y potasio) a las pilas esto provoca algún grado de cierre de canales laticíferos y actúa como un desinfectante más o menos efectivo. En general las pilas de desmane son relativamente angostas y existen altas posibilidades que en proceso rápido una mano recién cortada caiga sobre otra mano que ya está en la pila, provocando daño mecánico, esto ocurre si los desmanadores son muy rápidos, si el flujo de agua es muy lento, si los que preparan los gajos son lentos. En general es una operación que debería revisarse, no tanto por la mecánica del desmane pero con respecto al diseño de las pilas y la posibilidad de daño mecánico.

A pesar de la poca mecanización real de las empacadoras de banano, algunos ingenieros mecánicos de la Universidad de Costa Rica han sugerido que el desmane podría ser mecanizado, sin embargo carecen de datos suficientes sobre diámetro del racimo, longitud de la sección de unión entre cuellos y pinzote, etc., como para iniciar el diseño de un prototipo. En todo caso, advierten, sería posible sólo en aquellos racimos de forma muy regular, con dedos muy bien acomodados y con baja curvatura, lo que discriminaría algunos clones de racimos un poco más desordenados.

CONFECCIÓN DE GAJOS O CLUSTERS

La formación de gajos o clusters es una operación delicada que acarrea riesgos de daños a los dedos, la formación inadecuada de la corona, contaminación de la corona con hongos, salida de látex, y obviamente riesgos para el trabajador. En general requiere mucho entrenamiento especialmente en el desarrollo de un cierto sentido estético, el aprendizaje de las normas de calidad con que se trabaje y por supuesto el desarrollo de destrezas en el manejo del cuchillo curvo para la confección de los gajos.

Entre más uniforme sea un racimo mayor será su aprovechamiento a la hora de confeccionar clusters, esto está relacionado con el comportamiento genético del clon con que se trabaje, pero también con condiciones de crecimiento, existe fuerte evidencia sobre el efecto de condiciones climáticas y la uniformidad del racimo. La separación entre cuellos también incide en la facilidad de la operación.

En general todas las empacadoras cortan gajos con 3 a 8 dedos, número que permite cierta libertad al empacador de acomodar la fruta sin tener que presionar excesivamente. Los cortes realizados durante la operación deben ser limpios y precisos para dar una buena forma a la corona, no dañar dedos, no dañar cuellos. Los cuellos y dedos dañados provocan que la fruta pueda ser atacada por enfermedades más fácilmente y acelerar la maduración de la fruta, de igual forma el simple hecho de provocar una herida a la fruta, por pequeña que sea ya implica la producción de etileno como respuesta a estrés.

En esta etapa la única oportunidad de mejoría que puede pensarse a corto plazo es entrenamiento del personal. En esta etapa existe constante contacto entre operarios y el producto, por lo que deben extremarse las medidas de higiene para evitar contaminación.

REMOCIÓN DE LÁTEX

Hasta la fecha, la forma típica de remover látex ha sido introducir los gajos o clusters en una gran pila o piscina con agua en movimiento, donde se espera que por diferencia de presión el látex salga de los canales laticíferos y se diluya en el agua. Dependiendo de la variedad, época del año, estado de turgencia, y otros factores, el tiempo de permanencia mínimo de los gajos debería ser de al menos 20 minutos, eso aseguraría un nivel aceptable de remoción de látex. Sin embargo el problema es más complejo que sólo tiempo de permanencia pues el látex tiende a formar una capa que flota en el agua y puede readherirse a la superficie de la fruta, tiende a reaccionar con contaminantes y formar grumos que obstruyen tuberías, se adhieren a las paredes y al fondo de la pila, etc. El látex puede reaccionar con aguas contaminadas con hierro y especialmente manganeso para formar complejos de color oscuro y darle al látex una apariencia coloidal oscura y pegajosa muy desagradable, especialmente cuando ello ocurre con el látex que emana luego de empacada la fruta.

Está ya bien establecido que las aguas para el proceso de remoción de látex deben ser aguas muy puras, sin presencia de manganeso y hierro, sin calcio, libres de partículas. Se suele emplear sistemas de acondicionamiento previo del agua para evitar algunos problemas (filtrado, torres de oxidación, precipitación, etc), se suele adicionar algún producto químico para evitar el acomplejamiento del látex y favorecer la remoción del látex de la superficie del banano, la mayoría de esos compuestos son detergentes líquidos, se acostumbra también adicionar cloro (hipoclorito de calcio) como mecanismo para evitar la contaminación del agua.

Es en la etapa de permanencia en la pila de remoción de látex donde existe el mayor riesgo de contaminación de la corona por los hongos causantes de pudrición de corona, por ese motivo, el desflore temprano, la revisión de la calidad de aguas, el uso de algún desinfectante autorizado y una buena formación de la corona ayudan a reducir la incidencia del problema.

En general se estima que para procesar un kilogramo de banano se requieren de 7 a 15 litros de agua, eso representa un enorme volumen de agua que hay que extraer de alguna parte y que hay que limpiar antes de devolver al ambiente (ISO 14000), esa responsabilidad ambiental que debe asumir la empresa bananera representa un alto costo de proceso para aguas residuales. Existe fuerte tendencia entre las compañías productoras de banano a utilizar de manera más eficiente el agua, ello ha implicado:

- a. Reducción del volumen empleado a través de hacer pilas menos profundas, ya que se demostró que no son necesarios los 70-80 cm de profundidad que tenían las pilas viejas.
- b. Re-uso de agua: se han estado instalando sistemas de purificación de agua que permiten reciclaje de aguas, muchas empacadoras en Colombia ya llenan arriba del 50% de sus necesidades de agua con agua reciclada.
- c. Búsqueda de alternativas de manejo de látex, entre ellas desmane en campo y transporte de manos hasta empacadora .
- d. Búsqueda de productos removedores de látex más efectivos y eficientes.
- e. Muchos sueñan con una empacadora seca.

El problema de látex es un problema serio en dos formas, la primera es el riesgo directo a la calidad de la fruta ya sea por manchas directas en los dedos ya sea por acumulación de látex en las cajas, pero también un riesgo de tipo ambiental que tiene a muchas empresas enfrascadas en la búsqueda de sistemas de purificación de aguas más efectivos, pero sobre todo más baratos.

TRATAMIENTOS PARA PREVENIR LA PUDRICIÓN DE CORONA

La pudrición de corona representa un gran riesgo de deterioro de la calidad de la fruta, primero porque afecta la apariencia de los gajos o clusters, una corona ennegrecida o con mohos difícilmente será aceptada por el consumidor, segundo porque puede provocar desprendimiento de los dedos cuando el desarrollo está avanzado, y tercero porque casi todos los hongos asociados al problema pueden producir etileno y acelerar aun más la maduración. El problema es complejo en su naturaleza pues es provocado por un complejo de hongos que incluye a hongos de los géneros Fusarium, Colletotrichum , Verticillium, Acremonium, y otros.

El problema de pudrición de corona debe verse como un continuo entre la presencia de los hongos causantes aun desde la formación del racimo, con inóculo capaz de sobrevivir en residuos florales y otros materiales, que es fácilmente propagado en presencia de agua libre y que aprovecha situaciones de estrés en la fruta para penetrar. La mala formación de la corona, heridas en cuellos y dedos, aguas sin adecuado tratamiento pueden favorecer la dispersión y/o la penetración de los patógenos. Desafortunadamente es un problema que se

observa cuando la fruta ya ha avanzado en el proceso de maduración y en consecuencia se transforma en una enfermedad de mercado o poscosecha, de la que los empacadores están muy concientes pero nunca observan.

La disponibilidad de funguicidas aprobados para lidiar con este complejo de hongos es limitada, y pertenecen a un reducido grupo de familias químicas, entre los más importantes están el thiabendazole y el imazalil y más recientemente se han evaluado y se usan en alguna medida el myclobutanil y prochloraz. El primero está en el mercado hace más de 35 años y en no pocas oportunidades se le ha revitalizado a través de reformulaciones que implican mejor penetración, sin embargo las pruebas de sensibilidad realizadas en muchos países ya han demostrado su pérdida de efectividad, por lo que se ha recurrido a mezclarlo con otros funguicidas, en Centro América la mezcla más común es con el imazalil. La efectividad de estas mezclas es buena, pero existe enorme preocupación sobre el desarrollo de cepas resistentes a estos funguicidas. Más recientemente se han introducido al mercado funguicidas de origen orgánico, especialmente los derivados de semillas de cítricos, que han probado ser efectivos por periodos cortos, pero que al ser rápidamente metabolizados pierden su capacidad de control más rápido que los funguicidas sintéticos, existe alguna evidencia que sugiere que estos funguicidas orgánicos pueden acelerar la maduración de la fruta.

Investigaciones no tan recientes han demostrado que existen otros compuestos efectivos en el tratamiento del problema, entre ellos el empleo de una mezcla de etanol y agua, donde el etanol provee un excelente desinfectante superficial con cierta capacidad de penetración y el agua provee el medio para aumentar la actividad biológica de los hongos y hacerlos más susceptibles al alcohol. El empleo de mezclas de ceras naturales y funguicidas ha demostrado cierta efectividad. El empleo de agua caliente podría ser promisorio si se hace dirigido a la corona, pero falta información sobre efectividad. Otros métodos físicos más sofisticados como luz ultravioleta o incluso irradiación podrían aportar nuevos desarrollos a futuro.

Las bananeras han invertido una buena cantidad de esfuerzos en mejorar los sistemas de aplicación, la introducción de las cámaras de tratamiento con sistema electrostático mostró efectividad pero fueron cuestionadas en términos de seguridad para los operarios pues producían una nube muy fina de partículas que viajaban grandes distancias sin disiparse, se cambió a sistemas de alta presión, pero persiste el cuestionamiento ambiental por el manejo de altos volúmenes de residuos de caldos de aplicación, algunas compañías se han decidido por la aplicación localizada empleando brocha o pincel, el sistema es eficiente en términos de bajos volúmenes consumidos, reduce el riesgo para trabajadores, pero no protege toda la fruta y hay enfermedades que en el pasado eran meras curiosidades y ahora con el dedo sin protección han empezado a ser significativas.

Existe cierto grado de desarrollo, aun cuando no hay mucho publicado al respecto, sobre el uso de atmósferas modificadas y controladas para el manejo de enfermedades, esto por el efecto fungistático de la baja disponibilidad de oxígeno.

En pruebas recientes, sin publicar, en nuestro laboratorio encontramos que el peróxido de hidrógeno, aplicado a la corona por inmersión, podía ser muy efectivo en el control de pudrición de la corona, al menos como medida coadyuvante para el manejo del problema.

Hace falta más trabajo sobre la variación estacional del problema tanto en incidencia como sobre los componentes del complejo causante, es necesario buscar asociaciones con ciertas condiciones de campo que pudieran susceptibilizar a la fruta, y obviamente en la búsqueda de alternativas de combate eficaces y ambientalmente aceptables.

OTROS TRATAMIENTOS

Otro tratamiento que se ha estado considerando por muchos años, sin llegar a resultados realmente promisorios, es el empleo de ceras para recubrir la fruta, con la idea de reducir la entrada de oxígeno y reducir la pérdida de humedad interna. Hasta la fecha muchos fabricantes han desarrollado ceras para banano pero todas han mostrado tener alguna limitante seria. En general las características de una cera para banano deberían ser

- Bajo costo
- Compatibilidad con funguicidas para pudrición de corona
- Sistema de aplicación debe ser sencillo y adaptarse a plantas empacadoras existentes.
- Baja o ninguna toxicidad que afecta apariencia de cáscara (solventes orgánicos)
- Secado muy rápido, casi instantáneo

- Debe ser transparente y con brillo ligero
- Debe ser permeable al etileno exógeno que se aplica para madurar.

EMPAQUE DE LA FRUTA

Si bien la filosofía de la operación de empaque de la fruta no ha cambiado mayor cosa desde la adopción de la caja de cartón para los clones Cavendish en contraposición al manejo del racimo entero para los Gross Michel, si se ha avanzado en los materiales empleados y en el diseño de cajas para mercados diferenciados.

La caja de cartón corrugado de tipo telescópica, con cartón de doble capa en la parte inferior, representa el estándar de la industria, la caja es capaz de contener 18,3 kilogramos de frutos, lo cual implica de 16 a 22 clusters y aproximadamente 90-110 dedos. En general la caja tiene la ventaja de ser sumamente resistente, servir como unidad de comercialización, permitir adecuada ventilación, y servir como vehículo de propaganda. La caja contiene una lámina de papel kraft grueso que servirá como separador entre la capa inferior y la capa superior de empaque, cubriendo la lámina de cartón y en contacto con la fruta se coloca una lámina o bolsa de plástico denominada liner que cumple varias funciones, la primera de ellas es evitar daños por roce entre la frutas y entre estas y las paredes de la caja y la lámina de papel, segundo provee protección contra la deshidratación al mantener una alta humedad en la atmósfera circundante a los gajos o clusters, tercero actúa como un empaque de atmósfera modificada permitiendo cierta acumulación de dióxido de carbono en los alrededores de la fruta y logrando reducción de la tasa respiratoria y por ende del envejecimiento.

En el caso de la caja, se ha trabajado en los últimos años en el desarrollo de empaques más adaptados a mercados específicos, de esa manera aparece la caja display o caja de exhibición directa en la que simplemente se retira una parte de la caja y los frutos aparecen en posición de exhibición en el supermercado, existen también cajas de menor volumen para ciertos mercados, cajas que contienen un cierto número de cajas de menor tamaño ideadas para mercados institucionales y para regalos de temporada. Más recientemente se está ensayando con otros tipos de materiales de papel como cartulina barnizable que es más resistente a la humedad y de mejor acabado para impresos. Existe también cierta tendencia al uso de empaques retornables o reutilizables y ciertos mercados en Europa ya exigen cajas de plástico reusables. En general existe una gran preocupación sobre el manejo de desechos de cartón en los mercados de destino y eso ha implicado presión por cambios sustanciales en la manera en que tradicionalmente se ha empacado banano. Al empaque de cartón se han hecho mejoras sustanciales en diseño, especialmente en lo referente a ventilación, para aprovechar la mejoría de los contenedores y los nuevos sistemas de maduración con aire forzado.

En el desarrollo del liner se han tomado en cuenta diferentes aspectos tales como:

- a- Cantidad de perforaciones de acuerdo a la longitud espera del viaje, en general viajes cortos que implican fruta de más avanzada edad pueden tener mayor número de perforaciones para permitir enfriamiento más rápido y salida de una mayor cantidad de dióxido de carbono, pues viajes cortos representan bajos riesgos de deshidratación. Viajes largos significan menos perforaciones para acumular CO_2 en fruta de respiración un poco menor y retener más humedad, puede llegarse incluso a el uso de liner sin perforaciones y cerrado, denominado bana-vac que permite tránsitos hacia el mercado mucho más largos.
- b- Se ha trabajado también con diferentes materiales, en general polietileno de baja densidad es el más común, pero se emplea polietileno de alta densidad y más recientemente polímeros de permeabilidad controlada se han ensayado para tener cierto grado de control sobre la atmósfera interna de la caja y por ende sobre su velocidad respiratoria y de maduración.
- c- Adición de sustancias que mejoren la vida útil, existen bolsas impregnadas de permanganato de potasio que es un oxidante del etileno, de igual forma se está ensayando con bolsas impregnadas de inhibidores del crecimiento de hongos y en especial impregnadas de sustancias compatibles con agricultura orgánica tales como extractos de chile picante y ajo.
- d- Otra modificación del empaque convencional lo constituye el empaque de dedos sueltos en bolsas de polipropileno usualmente de 3 libras de capacidad, estos bananos se destinan a ciertos mercados que están dispuestos a consumir dedos más pequeños, y a mercados institucionales como cafeterías de escuelas.

La modificación de la atmósfera interna de la caja se ha logrado a través del uso del liner, sin embargo se puede lograr modificación más rápida empleando la inyección de mezclas de gases, a pesar de no ser una práctica generalizada, en ensayos de exportación de banano orgánico y convencional, se han logrado buenos resultados haciendo inyección de nitrógeno puro en liner sellados, lográndose una mezcla de 97-98% de nitrógeno y 2% de oxígeno, los resultados han sido exitosos en bananos tipo Cavendish, pero también muy promisorios para bananos triploides tipo baby banana.

De cualquier forma, debido a las características de los gajos o clusters de banano, el empaque manual seguirá siendo la forma normal de empaque en el futuro, dado que requiere una buena dosis de criterio el acomodar la fruta en la caja de manera adecuada.

PALETIZADO DE LAS CAJAS

El paletizado o entarimado de las cajas se hace, ahora como carga sólida, es decir no se dejan espacios entre cajas, se estiban 7 a 8 capas de 6 cajas cada una para un total de 42 a 48 cajas por tarima de madera, para mantener la paleta muy bien unida y que se comporte como una sola unidad, se colocan refuerzos de cartón o plástico en las esquinas (esquineros) y se fleja o amarra la tarima por medio de banda plástica tensada, este sistema hace que una tarima de banano sea muy sólida y que en general resista muy bien las condiciones de transporte. Los mayores riesgos asociados a esta operación provienen del sobre llenado de cajas, es decir cajas que por la densidad o tamaño de la fruta quedan excesivamente llenas y entonces es la fruta y no la caja la que soporta el peso de las cajas superiores.

Casi todo el paletizado de banano se hace manualmente, acaso con la ayuda de una tornamesa que permite girar la paleta o tarima para ir acomodando las cajas en el debido orden.

El sistema de paletizado sólido que se emplea en la actualidad es posible gracias a las mejorías en la distribución de aire que han experimentado los barcos y contenedores empleados para el transporte de la fruta.

En el futuro es posible que los costos y disponibilidad de mano de obra hagan necesario el mecanizar la paletización de banano, lo que no sería difícil de lograr.

Enfriamiento de la fruta

A la fecha, ninguna empacadora de banano comercial realiza enfriamiento rápido de la fruta, denominado preenfriamiento, la razón para esto es que los clones del grupo

Cavendish poseen un período relativamente largo entre cosecha a madurez fisiológica y el inicio del incremento climatérico, es decir son bananos reacios a madurar. Por este motivo, el enfriamiento lento en las bodegas de carga y contenedores había sido suficiente para ofrecer una calidad aceptable en los mercados de destino. Sin embargo, no se han evaluado de manera sistemática los potenciales beneficios del enfriamiento rápido y las consecuencias que ello podría tener en alargamiento de la vida útil, tanto verde como amarilla, o sobre la calidad. Teóricamente el enfriamiento rápido podría ayudar a reducir la tasa respiratoria de frutos que por una razón u otra se han visto sometidos a alguna situación de estrés que pudiera desencadenar la maduración, por otro lado ayudaría a reducir la carga térmica de contenedores y bodegas ahorrando energía durante el proceso de transporte. Sin embargo, es posible que la relación costo-beneficio en situación normal de plantaciones no justifique el empleo de sistemas de enfriamiento rápido.

Transporte

El transporte de banano se lleva a cabo en dos modalidades básicas, transporte en grandes bodegas con capacidad para varios miles de cajas, en barcos bananeros, donde es requisito que en cada bodega se almacene sólo un tipo de producto, al menos no es admisible el transporte de banano con cualquier otro producto que pueda generar etileno. Es en las bodegas grandes donde el riesgo de la maduración espontánea de algunas cajas es mayor, dado que el etileno se propagaría entre un gran número de cajas, iniciando una reacción en cadena que resultaría en la maduración fuera de tiempo de miles de cajas. Por otro lado, si el equipo de refrigeración está en buen estado, estas bodegas resultan tener temperaturas muy estables y la posibilidad de controlar bastante bien el intercambio de aire. Por otro lado, una parte del transporte de banano se hace en contenedores marítimos refrigerados, tienen la enorme ventaja de facilitar la carga y descarga, resultan en menor daño a la fruta por manipuleo, contienen un menor número de cajas (20 tarimas de 48 cajas o 960 cajas), el contenedor completo se despacha del barco hacia las bodegas del madurador sin trasiego adicional de la fruta. Sin embargo los contenedores no son tan eficientes en enfriar la fruta, por lo que esta

demora de 48 a 72 horas en alcanzar la temperatura usual de transporte de 14° C, tienden a presentar oscilaciones de temperatura mayores.

Algunos barcos y contenedores tienen la capacidad de control de atmósferas, que se ha demostrado ayudan a retener la maduración y alargar la vida útil del banano, se cree que no es viable económicamente emplear este tipo de tecnología para todo el trasiego internacional de banano, sin embargo resulta rentable para ciertos mercados lejanos, o excesivamente exigentes en términos de calidad. Los contenedores de atmósfera controlada resultan particularmente útiles para lidiar con fruta proveniente de áreas difíciles (distancia, sequía, sigatoca), pues está más que demostrado que el uso de AC extiende la vida útil de los frutos de banano.

Las grandes compañías bananeras han mejorado en los últimos años los tiempos de transporte, merced a una mejor coordinación de logística, incluso creando subsidiarias encargadas de los servicios logísticos, creando centros de acopio de contenedores y otras cargas en condiciones adecuadas en los puertos de embarque, y coordinando mejor la descarga y distribución en mercado final. Las mejoras en los equipos de transporte han sido importantes para lograr estas mejorías.

Retraso o retención de maduración

Definitivamente la mejor herramienta de que se dispone para controlar la maduración de los frutos de banano es el uso adecuado de bajas temperaturas, la mayoría de clones de banano son sumamente sensibles a las bajas temperaturas, se ha establecido que 13,5° C es la temperatura crítica para el banano, debajo de ésta es posible inducir daños por frío o chilling injury, que se manifiesta como pardeamiento de los haces vasculares primero, pardeamiento general de la cáscara y en casos extremos incapacidad para madurar o el desarrollo de sabores y colores extraños en la pulpa. En general esta temperatura crítica aplica a todos los clones comerciales producidos en condiciones tropicales y subtropicales. Para evitar que la oscilación de temperaturas, normal de una cámara fría, exponga al fruto a temperaturas críticas, es que la fijación de la temperatura de transporte o almacenamiento debe considerar el ámbito de oscilación térmica de la cámara fría o contenedor refrigerado que se esté empleando.

El empleo de empaques que ayudan a crear un sistema de atmósfera modificada ayudan un poco en el retraso de maduración.

Se han empleado diferentes sistemas para lidiar con el etileno, el más comúnmente empleado es la fijación de cierto porcentaje de ventilación o intercambio de aire en bodegas y contenedores refrigerados, usualmente el intercambio de aire debería permitir una renovación completa del aire de la cámara fría cada 6 horas.

En cuanto a tratamientos específicos para retener la maduración en tránsito y alargar la vida verde o al menos evitar la maduración espontánea, se han evaluado y en algunos casos se emplean los siguientes:

-Empaques para modificación de atmósferas, en general cualquier material que logre un acúmulo de CO₂ en los alrededores de la fruta en los niveles tolerables. Existen en la actualidad materiales poliméricos que pueden cumplir con permeabilidad selectiva a gases, sin embargo el costo es alto y su uso debe ser muy bien evaluado tomando en cuenta necesidades específicas y riesgos.

-Ventilación: el uso de intercambios de aire como medio de remoción física del etileno ayuda considerablemente a mantener bajo control las concentraciones de etileno y de dióxido de carbono, evitando el acúmulo de estas sustancias y los riesgos de maduración y toxicidad. La determinación de la apertura de ventilación óptima para cada condición de embarque es crítica para poder evitar acúmulos de gases indeseables pero a la vez evitar excesiva deshidratación.

-Absorbedores/oxidadores de etileno: existen varias marcas comerciales de filtros basados en permanganato de potasio (KMnO₃) sobre un soporte poroso. En general el permanganato es una sustancia fuertemente oxidante que al entrar en contacto con el etileno lo oxida y en consecuencia lo inactiva, el soporte poroso provee una superficie de contacto mayor y en algunos casos capacidad para atrapar etileno y generar algo de dióxido de carbono, es el caso de arcillas como zeolita y sepiolita. Estos materiales vienen comúnmente en varias presentaciones como paquetes pequeños de 5 a 8 gramos de los que se requerirían de 3 a 5 paquetes por caja, la presentación más útil es la de cilindros de 1000 gramos que se colocan en el ducto retorno del aire en sistemas de refrigeración. En principio entre mayor sea la circulación de aire sobre el permanganato mayor será su efectividad para entrar en contacto con el etileno y oxidarlo.

Bloqueadores específicos de la acción del etileno: específicamente el compuesto 1-metil-ciclopropano. Esta molécula fue descubierta hace ya 15 años en la Universidad de Carolina del Norte y se encontró que tiene una altísima afinidad por el receptor específico del etileno a nivel de membranas celulares, sin embargo no es sino hasta hace unos 5 años en que se inicia la exploración sistemática de uso comercial en cultivos tropicales. Hasta la fecha se han llevado a cabo múltiples pruebas y a pesar que el producto muestra una buena efectividad en ampliar el período de vida verde y hacer al banano menos sensible al etileno, aun queda camino por recorrer antes de su uso comercial. Aspectos como dificultad de dosificación, respuestas excesivamente dependientes del estado de desarrollo de la fruta, aumento de pérdida de humedad y desuniformidades al madurar deben ser superadas. Las pruebas en extensión de vida amarilla muestran que debe incrementarse la dosis casi 8-10 veces, sobre la empleada para vida verde, para lograr una extensión de 2 días en la vida en anaquel. De nuevo hay inconsistencia de respuestas, pero ya se ha logrado mejorar la estrategia de uso y se están realizando pruebas de penetración de producto tratado en el mercado.

-Ácido giberélico: el efecto del ácido giberélico sobre la extensión de la vida verde de banano no es un asunto enteramente nuevo, si es más reciente la autorización por parte de FDA-EPA y de autoridades europeas sobre su uso en frutas frescas (en Europa estaba autorizado para cítricos). Las compañías bananeras han estado evaluando su uso y ya en Costa Rica se le está aplicando como tratamiento dirigido a la corona, donde ha mostrado cierta efectividad. Hay investigación en curso sobre aplicaciones precosecha y mucho más sobre aplicaciones poscosecha.

-Atmósfera controlada: como se discutió antes, el uso de control de concentración de gases en la atmósfera interna de contenedores refrigerados reduce la disponibilidad de oxígeno necesaria para la formación y acción del etileno, por lo que resulta en un tratamiento útil para retraso de maduración.

-Uso de irradiaciones: está demostrado, y aceptado para ciertos mercados (Estados Unidos inclusive), que el uso de irradiaciones es un mecanismo para retrasar la maduración. El efecto de las irradiaciones es directamente sobre la conformación del ADN y su capacidad para transducirse, por lo que afecta la formación de ciertas enzimas asociadas al proceso de maduración, si la dosis es correcta el efecto es reducir la velocidad a que esas enzimas pueden formarse. Falta mucha investigación e cuanto a ajustes de dosis, efectos colaterales, efectos sobre inocuidad del producto, formación de sustancias peligrosas, dosificaciones específicas por variedad o procedencia, etc. Existe aun cierta reticencia del mercado a aceptar productos irradiados, pero los estudios de aceptación de los consumidores muestra una clara tendencia a que cada vez sean mejor aceptados.

A pesar de la variedad de tecnologías disponibles, el costo de su implementación es una limitante para su uso generalizado, la mayoría de los embarques comerciales de banano usan principalmente las tecnologías de bajo costo llámese liner de polietileno en sus diferentes modalidades (atmósfera modificada), refrigeración adecuada y tasa de renovación de aire adecuada. Si las condiciones de campo son buenas y la fruta no está en estrés esto resulta suficiente.

Maduración comercial de la fruta

La maduración comercial de banano se lleva a cabo, en los mercados de destino, en estaciones de maduración relativamente grandes. En general el proceso se basa en la aplicación de etileno y en el control de condiciones de ventilación, temperatura y humedad para regular la velocidad de maduración. Existen dos fuentes comerciales de etileno a saber:

-Etileno gaseoso en cilindros presurizados: requiere mucho más sofisticación en el diseño de equipos, requiere más destreza de los operarios que realizan la aplicación, sin embargo puede resultar más barato y hay cierta tendencia a que se obtenga una mejor calidad de maduración. El etileno en gas permite seleccionar una gama de dosis prácticamente infinita.

-Generadores catalíticos: este sistema consiste en la deshidratación de etanol en presencia de agentes catalíticos, empleando un equipo diseñado al efecto. El equipo consiste básicamente en un dosificador de goteo, la solución de alcohol y catalizadores gotea sobre un plato de acero caliente (250-300° C), al calentarse la mezcla en alcohol se deshidrata y forma etileno, agua y dióxido de carbono. El sistema es sencillo y requiere poca destreza para su uso. Las marcas comerciales de generadores catalíticos ofrecen generadores específicos para banano en los que la cantidad de alcohol deshidratado es fija en función del tiempo y se diseñan para cuartos capaces de albergar de 1 a 4 contenedores (4000 cajas aproximadamente). Otros diseños permiten seleccionar dosis y ciclos de tiempo que dan alguna flexibilidad en la selección de tratamientos.

En ambos casos el diseño de las instalaciones debe asegurar que hay cierto grado de hermeticidad en las cámaras de tratamiento, para evitar fugas de etileno. Que existe un sistema adecuado de circulación de aire que permita uniformar la concentración de etileno en aire para toda la cámara. El desarrollo más reciente en este sentido son las cámaras presurizadas o de aire forzado, donde existe una muy abundante circulación de aire sobre las cajas, con la idea de hacer penetrar el etileno y favorecer la remoción de calor excesivo.

El control de temperatura es crítico para regular la velocidad de maduración, en general menores temperaturas darán ciclos de maduración más largos, mayores temperaturas acelerarán la maduración. Obviamente los límites mínimo y máximo de temperatura se han establecido para evitar efectos indeseables como chilling injury en las temperaturas bajas o sobre aceleración de la maduración (cocinado) que generará mucho calor y producirá una maduración anormal con pulpa flácida, mala descomposición de ácidos, desarrollo de olores extraños y desintegración acelerada de la cáscara.

El control de humedad permitirá evitar la deshidratación de la fruta y así prevenir que la fruta madura se vea deshidrata y luzca opaca, una adecuada humedad permitirá obtener bananos turgentes y de color ligeramente brillante. El exceso de humedad y altas temperaturas pueden provocar que la cáscara del banano se agriete.

La maduración de banano, si bien es un proceso bastante controlado, requiere de una buena dosis de criterio por parte del madurador, para seleccionar las condiciones idóneas para cada cargamento de banano, basado en tiempo de tránsito de la fruta, estado fisiológico de la fruta, temperatura de la fruta a la entrada a maduración, tipo de empaque, y obviamente requerimientos del mercado. Es posible que con el desarrollo de métodos más precisos de medición de parámetros internos de la fruta se pueda tener un mejor control.

En general la experiencia de los maduradores les indica que cambios abruptos en las condiciones de maduración (cambios de temperatura y humedad) pueden favorecer el desarrollo de las manchas fisiológicas denominadas Sugar Spot que corresponden a una oxidación acelerada de los tejidos de la cáscara en puntos específicos, usualmente aledaños a estructuras e intercambio de gases.

Muchos de las estaciones de maduración más nuevas ya cuentan con control computadorizado del proceso, donde desde una estación de trabajo es posible monitorear y ajustar temperatura, humedad, ventilación y color de la fruta. El uso de sistemas de control de este tipo permite también contar con un historial de las condiciones de maduración de un determinado lote de frutas para enfrentar futuros reclamos y planear mejoras del sistema.

CONCLUSIÓN

Los cambios que está experimentando el manejo poscosecha de banano obedecen a la necesidad de abaratar costos operativos en planta empacadora, mejorar la calidad general de la fruta a través de mejoras en manejo de látex y pudrición de la corona, sin descuidar la posibilidad de enfermedades emergentes, de igual manera las exigentes normas ambientales presionan por cambios sustanciales en el uso de recursos, especialmente recurso agua tanto reduciendo el consumo como mejorando los sistemas de tratamiento previo a su liberación en el ambiente, pero también en manejo y uso de agroquímicos y en la disposición de desechos. Las regulaciones de inocuidad tienden a presionar por rediseño de edificios y procedimientos de trabajo en plantas empacadoras y en una mejoría general de la sanidad y limpieza del ambiente de trabajo.

Es muy probable que a mediano plazo, la empacadora de banano deba ser repensada desde los cimientos, después de todo, desde mi perspectiva, lo que ha ocurrido en los últimos 40-50 años ha sido una constante actualización de ciertas operaciones sobre una base inmutable de empacadora con dos pilas de agua, paredes abiertas y una lógica de proceso estable. Existen múltiples oportunidades de desarrollo tecnológico y de nuevos sistemas de medición que darán paso lento a nuevos procesos.

ECOFISIOLOGÍA Y PRODUCTIVIDAD DEL PLÁTANO (*Musa* AAB Simmonds)

ECOPHYSIOLOGY AND PRODUCTIVITY OF PLANTAIN (*Musa* AAB Simmonds)

Daniel Gerardo Cayón Salinas*

RESUMEN

El crecimiento, desarrollo y producción del cultivo de plátano son el resultado de la interacción armónica de los principales factores climáticos de la zona de producción y si en determinadas etapas del desarrollo del cultivo alguno de estos factores incide en magnitudes por fuera de los límites de tolerancia, las plantas alterarán su desempeño fisiológico y productivo. Las variaciones en producción y sanidad de los cultivos de plátano de un año a otro, dentro del mismo lote, son buenos ejemplos de la influencia que ejerce el clima sobre el comportamiento de las plantas. Se analizan las influencias de los factores ambientales (temperatura, altitud, radiación solar, precipitación, humedad relativa, viento) sobre la fisiología y los requerimientos hídricos de la planta, y se discuten los aspectos principales de la relación funcional entre las tasas de fotosíntesis y la productividad del cultivo del plátano.

ABSTRACT

The growth, development and production of plantain crops are results of the zone production and climatic factors interactions, if in different stages of growth development, can manipulate some variables outside of the tolerance limits, the plants will change its physiological and production development. Yield and healthfulness changes of plantain crops year to year inside the same crop are examples of the climate influence over the plants behavior. The climate factors (temperature, altitude, radiation, precipitation, relative humidity and wind) with influence on the physiology and hydric requirements of plants are analyzed and the main aspects of the functional relationships between photosynthetic rates and plantain productivity are discussed.

INTRODUCCIÓN

Las variaciones del genotipo, del ambiente, y de las prácticas culturales actúan a través de los procesos fisiológicos para controlar el crecimiento de los cultivos perennes. Estos procesos complejos constituyen la maquinaria por medio de la cual el genotipo y el ambiente influyen sobre la producción y calidad de las cosechas. La planta de plátano, como especie perenne, debe regular sus procesos fisiológicos para mantener el crecimiento vegetativo y producir los frutos simultáneamente. Durante la etapa inicial de desarrollo debe construir el sistema de raíces para los procesos de absorción y las hojas para la asimilación fotosintética; una vez formadas estas estructuras, almacena carbohidratos y otras sustancias en los cormos para la emisión de rebrotes, la floración y el llenado posterior de los frutos. La planta debe formar simultáneamente el área foliar y las raíces necesarias para mantener un balance continuo entre el desarrollo de estos órganos; si el balance favorece el desarrollo de las hojas, no habrá exceso suficiente de carbohidratos para el desarrollo de los cormos, pero si, por el contrario, el crecimiento foliar es disminuido, el tejido fotosintético podría ser insuficiente para obtener rendimientos altos.

INFLUENCIA DEL CLIMA SOBRE EL PLÁTANO

El clima de una región está constituido por la sucesión de los estados atmosféricos, los cuales se caracterizan mediante valores medios de los diferentes elementos meteorológicos, por la amplitud de sus variaciones y por la ocurrencia de valores extremos en un período determinado. El crecimiento, desarrollo y producción de los cultivos perennes como el plátano son el resultado de la interacción armónica de los principales factores climáticos de la zona de producción (radiación solar, temperatura, precipitación, humedad relativa). Si en determinadas etapas del desarrollo del cultivo alguno de estos factores incide en magnitudes por fuera de los límites de tolerancia, las plantas alterarán su desempeño productivo y fisiológico. Las variaciones en producción y sanidad de los cultivos de plátano de un año a otro, dentro del mismo lote, son buenos ejemplos de la influencia que ejerce el clima sobre el comportamiento de las plantas. El plátano es una especie esencialmente del trópico húmedo y se puede cultivar en todas aquellas zonas agroecológicas localizadas

* Profesor Asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional, apartado aéreo 14490, Bogotá, Colombia dg cayons@unal.edu.co

entre 30° de latitud norte y 30° de latitud sur, que reúnan las condiciones de clima y suelo favorables para su crecimiento, desarrollo y producción. Fuera de esta zona existen plantaciones en Israel y Egipto (Hemisferio Norte) y Australia y Nueva Gales del Sur en el Hemisferio Sur (Simmonds 1973).

Temperatura y altitud

La temperatura y la altitud están correlacionadas y son factores determinantes para el crecimiento y desarrollo del plátano debido a su efecto directo sobre la velocidad de la mayoría de procesos metabólicos, influenciando directamente el ciclo vegetativo de la planta y su actividad fotosintética y respiratoria. Las zonas con temperaturas entre 18° C y 38° C son considerados aptas para la siembra de plátano, siempre y cuando las temperaturas mínimas medias no sean inferiores a 15° C y las mínimas absolutas no estén por debajo de 8° C (Belalcázar *et al.* 1991). A temperaturas bajas la actividad metabólica es muy lenta, retardándose la emisión foliar y la división celular en el meristemo de crecimiento, lo cual reduce el desarrollo y el rendimiento anual, a pesar de que la calidad y el tamaño del fruto no se afectan.

A medida que la temperatura disminuye, el crecimiento vegetativo se hace más lento, retardándose la frecuencia de producción de hojas, el ritmo de brotación de colinos y el desarrollo de los racimos. Las temperaturas bajas causan la producción de hojas lanceoladas, y racimos y frutos con formas anormales (Simmonds 1973). Un ejemplo lo constituye el clon Dominico, que con el aumento de la altitud de siembra de 20 a 1.990 m.s.n.m., el ciclo vegetativo se incrementa de 10 a 24 meses, el peso promedio del racimo se reduce de 35 kg a 10 kg, y su forma cilíndrica y con manos compactas pasa a una forma de cono truncado con manos más distanciadas entre sí y separadas del raquis (Belalcázar *et al.* 1991). Por la temperatura baja las hojas expandidas pueden desarrollar síntomas similares a los de la deficiencia de agua y luz, perdiendo la turgencia, se tornan cloróticas y mueren posteriormente (Shmueli 1960). El látex del plátano se coagula en el pericarpio de los frutos a temperaturas inferiores a 12° C, impartiendo una coloración marrón a la subepidermis, fenómeno que retarda la evolución normal de los frutos, perjudicando la maduración y, por lo tanto, la calidad del producto cosechado (Slocum 1933, Puvis 1945). Los límites de la altura sobre el nivel del mar en que es posible establecer plantaciones comerciales de plátano dependen de la tolerancia y respuesta de los clones comestibles a temperaturas bajas.

La altitud influye sobre la duración del período vegetativo dependiendo del clon cultivado. El Hartón sembrado en la zona bananera colombiana de Santa Marta (20 m.s.n.m.) tiene un ciclo de 327 días, en el departamento del Caquetá (320 m.s.n.m) de 361 días y en Palmira (Valle del Cauca) (1.001 m.s.n.m) de 418 días. En términos generales, el período vegetativo de este clon se prolonga aproximadamente 10 días por cada 100 metros de altitud. Las consideraciones anteriores permiten establecer que, desde un punto de vista económico y comercial, todos los clones comestibles de plátano, se pueden sembrar y explotar desde el nivel del mar hasta 1.350 m.s.n.m., exceptuando el Hartón cuyo límite de elevación es de 800 m.s.n.m. No obstante, como cultivo de subsistencia, el plátano puede sembrarse en regiones localizadas hasta los 2.000 m.s.n.m. (Belalcázar *et al.* 1991).

La altitud de la zona de producción influencia marcadamente la distribución de la materia seca durante el desarrollo de la planta (Tabla 1); el cormo y el seudotallo sirven como depósitos de fotoasimilados hasta la floración, cuando la planta comienza a transferir grandes cantidades de esas reservas a los frutos en formación, lo cual coincide con la disminución notoria de la materia seca que experimentan estos órganos entre la floración y la cosecha de los racimos.

Tabla 1. Influencia de la altitud sobre la distribución de la materia seca (%) en la planta de plátano Dominico-Hartón.

Altitud (m.s.n.m.)	Época	Cormo	Seudotallo	Hojas	Tallo floral	Racimo	Total (%)
1.320	Floración	18,9	49,7	25,2	6,2	—	100
	Cosecha	9,3	29,0	9,1	5,4	47,2	100
1.000	Floración	25,2	36,2	31,3	5,6	1,7	100
	Cosecha	10,7	25,5	17,9	4,6	41,3	100

Radiación solar

El plátano se cultiva en condiciones muy variadas de radiación solar, desde regiones de gran nubosidad ($184 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$) hasta otras de alta irradiancia promedio ($1.500 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$). La falta de luz no interrumpe la emisión y desarrollo de las hojas, pero los limbos quedan blanquecinos debido a la ausencia de síntesis de clorofila y las vainas foliares y los pseudotallos se alargan demasiado. Plantas de plátano expuestas a radiación solar insuficiente crecieron 70 cm más, en promedio, comparadas con aquellas expuestas a radiación más intensa, y tuvieron un período vegetativo más prolongado, retrasándose la floración tres meses, sin afectar significativamente los rendimientos. Bajo condiciones de menor radiación solar, los racimos alcanzan menor peso que aquellos desarrollados con una cantidad de luz adecuada. Sin embargo, la variación en la duración del día no ejerce una influencia importante sobre el desarrollo del cultivo (Champion 1975).

En cultivos perennes como el plátano, la fotosíntesis se lleva a cabo en estratos acumulados de hojas que se superponen sombreándose unas a otras; de esta manera, la Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA) incidente es absorbida a medida que atraviesa las capas de hojas aprovechándose la mayor parte de ella, mientras que las hojas inferiores, por recibir menos radiación solar, presentan tasas de fotosíntesis más bajas que las hojas superiores. Esto se debe a que, en los cultivos sembrados en surcos, el grado de absorción de la RFA incidente depende de las distancias entre surcos y plantas y del arreglo de siembra. En los cultivos más densos es mayor la captación de RFA a través del dosel foliar de la comunidad de plantas; sin embargo, esta mayor captación de la luz incidente por parte de las hojas de un cultivo de plátano denso, disminuye la cantidad de radiación en la base de las plantas, impidiendo la brotación y el desarrollo normal de los colinos, lo cual es perjudicial desde el punto de vista de producción de material vegetativo para la siembra (Tabla 2). La concentración de clorofila es mayor en las hojas de las plantas sembradas a mayores densidades, lo cual concuerda con las características morfofisiológicas de las hojas desarrolladas bajo sombra (Cayón *et al.*, 1995).

Tabla 2. Efecto de la densidad poblacional sobre el desarrollo foliar, captación de luz y concentración de clorofila en la hoja de Dominico-Hartón (Cayón *et al.*, 1995).

Densidad (plantas ha^{-1})	Emisión foliar *	Colinos/planta	RFA captada (%)	Clorofila total (mg g peso seco $^{-1}$)
1.666	36	8	85,8	8,45
3.333	33	5	93,8	10,32
4.998	29	3	95,0	11,49

* Hojas emitidas a partir de siembra

El manejo de la densidad poblacional es un método básico para el control de la cantidad de luz que reciben los cultivos, la cual puede ser modificada por arreglos de siembra en cuadro o triángulo, y por las distancias entre plantas e hileras. La densidad de los cultivos ejerce una gran influencia sobre el crecimiento y desarrollo de cada planta debido a la competencia por luz que se genera dentro de la comunidad (Cayón, 1992). En general, se obtienen producciones altas por unidad de área como consecuencia del uso eficiente de la luz durante las etapas iniciales del crecimiento de los cultivos pero, con densidades altas el rendimiento puede disminuir por la competencia de luz, la pérdida excesiva de agua por transpiración y ataques severos de plagas y enfermedades (Cayón, 1992). La densidad de población en plátano está condicionada por la distancia de siembra y el número de plantas por cada sitio de producción y puede influir positiva o negativamente en los componentes del desarrollo y la producción. Varios estudios han demostrado que en el cultivo del plátano la densidad de población puede incrementarse hasta 3.333 plantas ha^{-1} sin que se afecten el rendimiento y la calidad del producto, contribuyendo a mejorar substancialmente la rentabilidad pero, a medida que se incrementa la densidad, la vida útil de las plantaciones se reduce en forma marcada (Belalcázar *et al.*, 1994).

Humedad relativa

La humedad de la atmósfera es un factor regulador de las relaciones hídricas de las plantas, interviniendo como la fuerza impulsora del agua desde el suelo, y a través de la planta, hasta la atmósfera, mediante la creación de un gradiente de potencial hídrico en el sistema suelo-agua-planta-atmósfera. Estudios realizados por Cayón-G. *et al.* (1998), bajo condiciones controladas, para evaluar los efectos del estrés hídrico y la

humedad relativa, mostraron que las tasas de intercambio gaseoso de las hojas de plátano Dominico-Hartón tienen una gran correlación con el déficit hídrico en el suelo y con la humedad relativa del ambiente (Tabla 3). En las plantas sometidas a estrés hídrico, las tasas de fotosíntesis, transpiración y conductancia estomática decrecieron como respuesta al déficit de agua. La tasa de fotosíntesis fue mayor en presencia de humedad relativa media, presentando una reducción aproximada de 50% cuando ésta aumentó o disminuyó; la transpiración y la conductancia fueron altas con humedad relativa baja, disminuyendo paulatinamente a medida que la humedad del aire aumentó. La tendencia de las plantas de plátano a reducir la transpiración bajo condiciones de estrés hídrico, puede ser el indicio de un mecanismo de resistencia a la sequía, asociado a otros que la planta posee, para economizar agua, ya que ésta especie presenta una gran superficie transpirante (Tai 1977, Robinson y Bower 1988).

Tabla 3. Tasas de intercambio gaseoso en hojas de plátano Dominico-Hartón bajo estrés hídrico y tres niveles de humedad relativa (Cayón-G. *et al.* 1998).

	Sin estrés	Con estrés	Humedad Relativa		
			Baja (<53%)	Media (54-61%)	Alta (>62%)
Fotosíntesis ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	30,6	15,8	19,9	35,0	14,8
Conductancia ($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1
Transpiración ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	3,6	3,0	4,6	3,5	1,8

Viento

En todas las regiones productoras, uno de los daños más comunes y generalizado es el rasgado de las láminas foliares y la pérdida de sectores del limbo por vientos fuertes (velocidades superiores a 50 km.h^{-1}). Los daños ocasionados por vientos de intensidad media ($20\text{-}50 \text{ km h}^{-1}$) se pueden considerar parciales, incidiendo directamente en el peso y calidad de los racimos, que para su llenado requieren que la planta tenga una superficie foliar activa entre $7,0$ y $8,0 \text{ m}^2$. Las pérdidas catalogadas como totales (pérdida de plantas por doblamiento o resquebrajamiento delseudotallo y desenraizamiento de la cepa) son ocasionadas por vientos de gran intensidad ($> 50 \text{ km h}^{-1}$). El rasgado de las hojas por acción del viento es un fenómeno de ocurrencia común en las musáceas que, si no implica desprendimiento y pérdida del área foliar activa, no representa un riesgo para el desempeño funcional y productivo de la planta. La supervivencia térmica durante la estación seca y el aumento de la productividad, cuando el agua del suelo es suficiente, parecen ser efectos benéficos del rasgado de las hojas. De hecho, el rasgado de los semilimbos del banano es considerado un factor para la reducción del daño térmico en las hojas (Taylor y Sexton 1972). Según Raschke (1956), en un ambiente expuesto a insolación las hojas más pequeñas transpiran menos y están a menor temperatura que una hoja más grande.

La fotosíntesis neta de las musáceas es afectada por la dimensión de la hoja y la resistencia a la difusión del vapor de agua (Taylor y Sexton 1972). La Tabla 4 muestra que los efectos del rasgado de la hoja sobre la temperatura foliar y la tasa de fotosíntesis son más evidentes en hojas expuestas al sol que en hojas sombreadas y reduce la posibilidad de que la hoja alcance una temperatura letal. El rasgado puede disminuir en 50% la tasa de transpiración durante un período de estrés ambiental, debido a que los segmentos foliares pequeños se encuentran en un régimen más favorable para la fotosíntesis neta que las hojas intactas.

Tabla 4. Efecto del rasgado de la hoja sobre la pérdida de agua y tasa fotosintética en las musáceas (Taylor y Sexton 1972).

	Temperatura hoja (°C)	Resistencia estomática (s cm ⁻¹)	Transpiración (g cm ⁻² s ⁻¹)	Fotosíntesis (g CO ₂ cm ⁻² s ⁻¹)
Hoja expuesta				
Estación seca				
Intacta	46,0	24	18,8 x 10 ⁻⁷	-0,160 x 10 ⁻⁷
Rasgada	40,0	29	5,5 x 10 ⁻⁷	0,097 x 10 ⁻⁷
Estación lluviosa				
Intacta	42,0	5,6	52 x 10 ⁻⁷	0,322 x 10 ⁻⁷
Rasgada	38,0	5,9	38 x 10 ⁻⁷	0,365 x 10 ⁻⁷
Hoja sombreada				
Estación seca				
Intacta	29,0	30	2,4 x 10 ⁻⁷	0,070 x 10 ⁻⁷
Rasgada	29,5	30	2,7 x 10 ⁻⁷	0,072 x 10 ⁻⁷

En un estudio realizado en la zona cafetera central de Colombia sobre el efecto del viento y el granizo sobre plantas de plátano Dominico-Hartón y FHIA 21 (Rose *et al.*, 2001) se observó que el impacto del granizo y los vientos fuertes, en los primeros 15 días de desarrollo del fruto, afectó drásticamente el tamaño y calidad de los racimos de los dos materiales evaluados. El peso fresco de los frutos de Dominico-Hartón y FHIA-21 se redujo significativamente cuando el viento y el granizo golpearon la planta en el estado de emisión de la inflorescencia y a los 15 días después de la floración. Los frutos de Dominico-Hartón golpeados por el granizo a los 30-45 días de formados sufrieron menos daños físicos, pero se afectó su calidad general y, también, se observó un aumento significativo de los azúcares totales en la pulpa de los frutos de Dominico-Hartón afectados, pero no en los de FHIA-21. El impacto directo del granizo causó la aparición de áreas necrosadas en la cáscara que luego alcanzaron el interior de la pulpa, comprometiendo la calidad del fruto.

REQUERIMIENTOS HÍDRICOS

El plátano es muy sensible tanto al exceso como al déficit de agua en el suelo, por lo cual es necesario tomar medidas para regular los niveles de humedad durante el año. Los requerimientos hídricos para crecer normalmente son altos pero dependen del clon, de la radiación solar diaria, de la densidad poblacional, de la edad del cultivo y del área foliar. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el consumo de agua por las plantas de plátano es variable porque ni la radiación ni el área foliar permanecen constantes (Belalcázar *et al.* 1991). El plátano es poco tolerante a las deficiencias de humedad y en las hojas, como respuesta al agotamiento del agua en el suelo, se aumenta la resistencia de los estomas al flujo de vapor de agua, reduciendo las tasas de transpiración; esta respuesta al déficit hídrico es visible por el doblamiento de la lámina foliar a lo largo de la nervadura central, poniendo en contacto las dos porciones del envés que son las que presentan las mayores tasas de transpiración, debido a su mayor densidad de estomas (Champion 1975). La sequía causa reducción de la actividad fotosintética por provocar el cierre prematuro de los estomas durante el día. Por esta razón, el desarrollo general de la planta se retrasa, la emisión foliar es lenta, se reduce el tamaño de las hojas e inflorescencias y las hojas más antiguas se secan rápidamente, las cuales parecen no tolerar los déficits hídricos temporales. Si la sequía se prolonga, las hojas se secan una tras otra, las vainas foliares se marchitan y se produce ruptura del seudotallo. El cormo, por el contrario, es más resistente a las sequías prolongadas, conservando la capacidad de emitir hojas cuando la disponibilidad de agua vuelve a ser favorable, aún mucho después de la desaparición del seudotallo. El déficit de agua puede causar algunas distorsiones en la morfología de la planta, restringiendo el crecimiento de los pecíolos los cuales quedan muy juntos en el interior del seudotallo, y al salir las hojas la planta adquiere un aspecto de abanico. Cuando esto ocurre en el período de prefloración, se dificulta la salida de la inflorescencia por tener esta que vencer la

resistencia de los pecíolos compactados, originando anomalías como la torsión del eje sobre sí mismo o la emisión lateral de la inflorescencia en el seudotallo (Champion 1975).

Debido a que las musáceas tienen una área foliar extensa, consumen cantidades grandes de agua. Considerando que el clon Dominico-Hartón tiene un área foliar permanente por planta de 14 m², se estima un consumo diario de 26 litros de agua en días soleados, 17 litros en días seminublados y 10 litros en días completamente nublados. Un cultivo de plátano con 1.500 plantas ha⁻¹ y un índice de área foliar = 2,1, consume en un mes 1.170 m³ ha⁻¹ de agua, en ambientes soleados y 765 m³ ha⁻¹ en condiciones de nubosidad intensa permanente. En la práctica, se requieren alrededor de 150 mm mensuales de precipitación (1.500 m³ ha⁻¹) para satisfacer las necesidades hídricas del plátano. En zonas y épocas en que la precipitación o el agua almacenada en el suelo sean inferiores a 5 mm día⁻¹, es necesario aplicar riego suplementario. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el consumo de agua por las plantas de plátano es variable, porque ni la radiación solar ni el área foliar permanecen constantes (Belalcázar *et al.* 1991).

TASAS DE FOTOSÍNTESIS Y PRODUCTIVIDAD

El rendimiento del cultivo de plátano depende de la radiación solar interceptada, de la eficiencia de conversión de esta radiación en biomasa, y de los gastos respiratorios de la planta, lo cual puede aumentarse incrementando la porción de la materia seca total que se destina a los racimos. Para esto el plátano, como especie perenne, debe ajustar su actividad fotosintética y metabólica a la producción de fotoasimilados que le permitan crecer, desarrollar estructuras subterráneas de reserva, generar rebrotes vegetativos y llenar los racimos. El ángulo de inserción de las hojas sobre la planta es muy importante para la producción del cultivo del plátano, ya que de esto depende la exposición de las hojas a los rayos solares y la distribución de la RFA a través de las plantas. De esta forma, la fotosíntesis se lleva a cabo en los estratos acumulados de hojas que se superponen sombreándose unas a otras, permitiendo que la RFA incidente sea absorbida a medida que atraviesa los estratos, aprovechándose la mayor parte de ella en las hojas más expuestas. Esto determina que la fotosíntesis sea mayor en las hojas del estrato medio de la planta y que las hojas inferiores, por recibir menos RFA, presenten tasas de fotosíntesis más bajas. Por el arreglo filotáxico de la planta de plátano y la emisión permanente de nuevas hojas, estas cambian de posición durante su proceso de desarrollo y modifican la exposición a la luz solar hasta quedar parcialmente sombreadas, situación que contribuye a la disminución progresiva de las tasas de fotosíntesis y transpiración, afectando el balance de intercambio de gases en la planta.

Debido al tamaño de las hojas de plátano, existen diferencias en cuanto a su actividad fisiológica dependiendo del sector foliar considerado. La comparación entre la actividad fotosintética del ápice y el centro de las hojas en los Dominico, Dominico-Hartón, Hartón y Pelipita indicó, consistentemente, que la tasa neta de fotosíntesis fue superior en el sector foliar central de la hoja en todos los clones estudiados, siendo superior en el clon Hartón (Cayón *et al.* 1994). En las hojas de plátano la mayor tasa fotosintética se alcanza cuando la lámina está completamente expandida y, a partir de ahí, declina fuertemente con la edad, siendo típica esta reducción de la fotosíntesis en las hojas de plantas perennes y de ciclo corto (Silveira, 1987). La tasa de fotosíntesis máxima de una la hoja juvenil de plátano se mantiene por un período corto (20 días) y después se reduce al quedar sombreadas por las hojas más nuevas por lo cual, es probable, que estas hojas nuevas emitidas realicen una compensación fisiológica en la planta al alcanzar su mayor tasa de fotosíntesis inmediatamente después que las anteriores. Además, el hecho que la hoja mantenga estable la fotosíntesis durante 60 días del desarrollo, puede ser una contribución fundamental para los procesos fisiológicos de la planta debido a que, desde el punto de vista productivo, es más importante que las hojas funcionales mantengan la tasa de fotosíntesis moderada y constante durante períodos más prolongados (Cayón, 2001).

En un estudio para determinar el comportamiento e intensidad de las tasas de intercambio gaseoso y del proceso de síntesis y degradación de la clorofila durante el desarrollo de la hoja de plátano (Cayón, 2001) se encontró que la evolución de la fotosíntesis, transpiración y síntesis de clorofila durante la vida de la hoja, desde el estado de expansión completa de los semilimbos (0 días) hasta la senescencia total de la hoja (140 días), se ajustan a un modelo cuadrático de regresión; en los estados iniciales del desarrollo, la fotosíntesis, transpiración y concentración de clorofila son bajas, se incrementan rápidamente hasta alcanzar valores máximos entre 20 y 40 días después de la expansión completa, y disminuyen gradualmente hasta valores mínimos en la senescencia total.

La fotosíntesis está correlacionada positivamente con la transpiración y el contenido de clorofila en cualquier estado de desarrollo de la hoja, demostrando que el proceso fotosintético está ligado funcionalmente con la transpiración y depende de la concentración de clorofila de la lámina foliar y de la ontogenia de la hoja. Aunque la pérdida de clorofila es un síntoma típico observado durante la senescencia foliar, su desaparición es más lenta que la de otros componentes fotosintéticos (Friedrich & Huffaker, 1980; Holloway *et al.*, 1983; Kura-

Hotta *et al.*, 1987; Makino *et al.*, 1983). Estudios realizados para aclarar el mecanismo de reducción de la fotosíntesis durante la senescencia de las hojas, indican que este fenómeno se debe a cambios en la concentración y cinética de la enzima Rubisco (Evans, 1986; Makino *et al.*, 1985). La actividad de la cadena de transporte de electrones, correlacionada positivamente con la fotosíntesis, también disminuye durante la senescencia foliar, demostrando que la reducción de la fotosíntesis es causada, principalmente, por la degradación funcional de los sistemas fotosintéticos (Camp *et al.*, 1982; Holloway *et al.*, 1983; Kura-Hotta *et al.*, 1987). La menor concentración de clorofila y otros pigmentos fotosintéticos activos pueden limitar el proceso fotoquímico de las hojas, disminuyendo la actividad fotosintética si la concentración se encuentra por debajo de los niveles óptimos para el proceso (Grabrielsen, 1948).

Debido a la gran dependencia de los factores ambientales y genéticos que presenta la fotosíntesis de hojas individuales, el valor de la tasa fotosintética máxima de una hoja, medida durante un día, no ofrece garantías plenas para predecir la tasa máxima de otras hojas de la misma planta bajo condiciones diferentes (Shibles *et al.* 1987); sin embargo, el análisis del comportamiento diario de la fotosíntesis permite evaluar la capacidad de la planta para autorregular sus procesos como respuesta a los estímulos ambientales y comparar el desempeño fisiológico de varios genotipos en un mismo ambiente. La Tabla 5 muestra que existen diferencias en la tasa fotosintética entre clones de plátano y que esta es mayor en los de genoma Balbisiana (ABB). La tasa elevada del clon Cachaco ($21,7 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) es relevante para plantas C3 que, según Salisbury y Ross (1985) presentan tasas máximas entre 10 y $20 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Esto confirma que el plátano es una especie C3 y que el estudio y análisis de las tasas fotosintéticas y el desempeño fisiológico de las plantas perennes, en diferentes condiciones ambientales, son herramientas básicas para determinar el potencial productivo de los genotipos en los programas de mejoramiento.

Tabla 5. Tasas máximas de fotosíntesis de los principales clones de plátano, a exposición solar plena.

Clon	Genoma	Fotosíntesis ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
Dominico	AAB	15,8
Hartón	AAB	13,9
Dominico-Hartón	AAB	12,7
Pelipita	ABB	16,1
Cachaco	ABB	21,7

HOJAS Y PRODUCCIÓN DE RACIMOS

El crecimiento y producción del cultivo de plátano dependen del desarrollo progresivo de las hojas, las cuales deben mantenerse funcionales desde la emisión de la inflorescencia y durante el desarrollo de los frutos. El área foliar y la fotosíntesis están estrechamente relacionadas con la acumulación de materia seca y, por lo tanto ha sido utilizada para evaluar la capacidad fotosintética y predecir el desempeño productivo de las plantas de plátano y banano (Turner, 1980; Swennen y De Langhe, 1985; Stover y Simmonds, 1987). La Tabla 6 muestra que la fotosíntesis está relacionada positivamente con el peso del racimo y con el contenido de materia seca en la pulpa de los frutos, indicando que el peso del racimo y la acumulación de materia seca en la pulpa dependen de la actividad fisiológica de las hojas.

Tabla 6. Correlación entre la fotosíntesis, peso del racimo y materia seca de la pulpa del fruto de plátano Dominico-Hartón (Cayón *et al.* 1995).

Variables	Fotosíntesis	Peso racimo	Materia seca pulpa
Fotosíntesis	1,000	0,573 *	0,553 *
Peso racimo	—	1,000	0,989 **
Materia seca pulpa	—	—	1,000

* Coeficiente de correlación significativo ($P < 0,05$)

** Coeficiente de correlación significativo ($P < 0,01$)

Para obtener un racimo de buen peso y calidad, las plantas de plátano deben mantener, como mínimo, seis hojas funcionales desde la floración hasta los 45 días de edad del racimo (Belalcázar *et al.*, 1994). Estudios sobre la contribución fisiológica de los tercios foliares durante el desarrollo del racimo de plátano Dominico-Hartón (Cayón *et al.*, 1995), mostraron que las hojas intermedias (hojas 4,5 y 6) e inferiores (hojas 7,8 y 9) de la planta mantienen la tasa fotosintética más constante a través del período de llenado de los frutos, indicando que los tercios foliares medio e inferior están más comprometidos en el llenado de los frutos, y que el tercio superior (hojas 1,2 y 3), más juvenil y activo, probablemente, contribuye más a mantener el crecimiento y desarrollo de la unidad productiva. Desde el punto de vista de la producción, es más importante que las hojas mantengan una tasa de fotosíntesis moderada y constante durante períodos más prolongados del ciclo vegetativo.

Estudios realizados en musáceas han demostrado que las defoliaciones, dependiendo de la época e intensidad, reducen la producción y la calidad de los frutos (Ostmark, 1974; Satyanarayana, 1986). En Colombia, se evaluó la respuesta del plátano Dominico-Hartón a la defoliación selectiva como práctica cultural complementaria en el manejo integrado de la sigatoka negra (Cayón *et al.*, 2000), encontrándose que los racimos de mayor peso se obtuvieron en las plantas con nueve hojas (15,7 kg), seis hojas superiores (14,3 kg) y seis hojas inferiores (13,9 kg), las cuales conservaron las tres hojas intermedias durante todo el período de desarrollo del racimo. El perímetro y peso fresco de los frutos fue mayor en las plantas que conservaron más hojas funcionales, reduciéndose significativamente a medida que la defoliación fue más intensa. La madurez fisiológica de los frutos se alcanzó, en todos los tratamientos, a los 100 días de la floración pero, a medida que la defoliación fue más drástica, los frutos cosechados presentaron menor materia seca en la pulpa y cáscara. El número de manos y frutos por racimo y la longitud del fruto no fueron afectados por las defoliaciones. La remoción de las hojas intermedias de la planta afectó más el crecimiento y desarrollo del racimo que la remoción de las hojas superiores o inferiores, indicando que esas hojas contribuyen eficientemente al llenado de los frutos.

Los resultados anteriores confirman la relación estrecha entre la expresión del potencial productivo de la planta de plátano y la actividad de las hojas presentes durante el período de llenado de los frutos, lo cual se evidencia con las mejores características físicas de los componentes del rendimiento mostradas por las plantas que conservan mayor área foliar funcional. Teniendo en cuenta esto, las defoliaciones selectivas de las plantas de plátano, en el inicio de la floración, pueden servir como una práctica complementaria para el manejo de las sigatokas amarilla y negra, pero no se deben eliminar las últimas seis hojas formadas –que incluyen las tres intermedias– las cuales contribuyen eficientemente al llenado de los frutos.

CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL RACIMO

Después de la emergencia en el ápice de la planta, el crecimiento del racimo (en peso fresco o seco) sigue el modelo sigmoideal típico del crecimiento vegetal, con una fase inicial a una tasa moderada y constante hasta los 30 días después de la floración (DDF), seguida de una fase de incremento rápido hasta los 100 DDF y posteriormente una disminución del peso si el racimo continúa adherido a la planta. La tasa de acumulación de materia seca en el raquis es moderada y constante al inicio del período de llenado del racimo, incrementándose vertiginosamente a partir de los 60 días, para completar su crecimiento al momento de la cosecha (100 DDF).

Crecimiento del fruto

La Tabla 7 presenta el proceso de crecimiento del fruto de plátano Dominico-Hartón desde los 20 días después de la floración (DDF). Se observa que hay un incremento muy rápido de la longitud dorsal hasta los 40 DDF, luego tiende a permanecer constante, hasta alcanzar su valor máximo en la madurez fisiológica (100 DDF) y disminuye ligeramente hacia el fin del llenado. En contraste, el incremento del perímetro es continuo hasta la cosecha (Morales *et al.*, 1998).

Tabla 7. Crecimiento de los frutos de Dominico-Hartón (Morales *et al.*, 1998).

	Días después de floración						
	20	40	60	80	100	120	140
Longitud (cm)	14,3	20,4	19,6	22,0	24,3	21,0	23,4
Perímetro (cm)	9,6	11,5	11,1	14,1	15,0	14,9	15,5
Peso fresco total (g)	53,0	120,0	126,7	241,7	306,6	308,0	301,5
Peso fresco pulpa (g)	14,3	48,0	53,5	133,6	186,5	189,1	188,4
Peso fresco cáscara (g)	38,7	72,0	73,2	108,1	120,1	118,9	113,1
Peso seco total (g)	4,8	20,6	24,9	62,8	95,8	75,3	96,2
Peso seco pulpa (g)	1,5	12,0	15,6	48,9	77,9	61,0	79,7
Peso seco cáscara (g)	3,3	8,6	9,3	13,9	17,9	14,3	16,5

El aumento del peso fresco y seco del fruto, desde la emergencia de la inflorescencia hasta la cosecha comercial, es exponencial (Turner 1994). El crecimiento de la pulpa y cáscara varían durante el llenado de los frutos como consecuencia de la dinámica de los diferentes procesos bioquímicos y fisiológicos que ocurren. En los primeros 40 días del crecimiento, los frutos presentan un incremento rápido del peso fresco y seco de la pulpa y la cáscara; durante este período la cáscara presenta la mayor proporción del peso seco de los frutos y, a partir de esa época, la acumulación de materia seca en la cáscara es superada significativamente por la pulpa; entre 60 y 100 días después de la floración (DDF), la tasa de acumulación de materia seca de la pulpa experimenta un aumento significativamente superior al de la cáscara, indicando que el proceso de distribución de la biomasa es preferencial hacia la pulpa. Este comportamiento puede deberse a que, en los primeros estados de desarrollo, el fruto debe formar su envoltura, haciendo que la cáscara sea la demanda preferencial de los fotoasimilados producidos por las hojas. El racimo de plátano se cosecha cuando los frutos llegan a la madurez fisiológica (estadio de máxima acumulación de materia seca), la cual se alcanza de 80 a 120 días después de la brotación de la inflorescencia, dependiendo de las condiciones climáticas de la zona de producción. En este estado de madurez fisiológica, la distribución de la biomasa en el racimo muestra que en la pulpa de los frutos se encuentra el 82,3% materia seca, en la cáscara el 16,6%, en el raquis el 1,5% y en la bacota o bellota el 0,6% (Morales *et al.*, 1998).

Influencia del clima sobre el racimo y el fruto

El tamaño, calidad y presentación de los frutos de plátano en una localidad dependen del genotipo, las condiciones ambientales predominantes y la adaptación de su fisiología a éstos ambientes diversos durante el período de desarrollo del racimo (Uthaiyah *et al.* 1992; Turner, 1994). En un estudio para determinar la influencia de las condiciones ambientales sobre las características físicas del fruto del clon Domino-Hartón (Tabla 8), se observó que los racimos de mayor peso se desarrollaron en época lluviosa y menor altitud, y los frutos provenientes de mayor altitud presentaron más contenido de cáscara y menor porcentaje de pulpa en las dos épocas climáticas. Los frutos desarrollados a 1.020 m.s.n.m. y en época lluviosa, presentaron la mayor longitud, mientras que el grosor de no fue afectado por la época climática ni por la altitud, confirmando la influencia de las condiciones ambientales de la zona de producción. Al respecto, se ha considerado que, desde el punto de vista comercial, la franja adecuada para el desarrollo de este clon se ubica entre 0 y 1.350 m.s.n.m., en localidades donde la temperatura media no sea inferior a 18°C y las diferencias diarias de temperatura no sean muy amplias (Belalcázar *et al.*, 1991). De acuerdo con esto, altitudes de 1.600 m.s.n.m. no presentan las condiciones adecuadas para producir plátano Dominico-Hartón de buena calidad, lo cual se manifestó en la baja calidad física de estos frutos.

Tabla 8. Peso y componentes del racimo de Dominico-Hartón proveniente de dos épocas climáticas y tres altitudes (Adaptado de Arcila *et al.*, 1998).

Época	Altitud	Peso racimo (kg)	Fruto			
	(m.s.n.m.)		Largo (cm)	Grosor (cm)	Pulpa (%)	Cáscara (%)
Lluviosa	1.020	15,8	28	17	62	38
	1.320	17,4	21	15	55	45
	1.600	12,0	24	17	57	43
Seca	1.020	16,4	21	16	59	41
	1.320	15,2	21	14	58	42
	1.600	13,0	23	14	57	43

Los efectos de la temperatura sobre el peso del racimo pueden ser interpretados por su influencia en el número y tamaño de los frutos. Según Turner (1994), el efecto sobre el tamaño depende del peso inicial del fruto, de su tasa relativa de crecimiento y del tiempo necesario para alcanzar su estado óptimo de cosecha, mientras que la influencia de la temperatura sobre el número de frutos es más probable que ocurra durante el período de diferenciación del racimo. Turner (1994) expresa que el incremento de peso en los frutos de plátano y banano, desde la emergencia del racimo hasta la cosecha comercial en el estado de madurez fisiológica, es exponencial y está correlacionado linealmente con la temperatura media durante ese período, lo cual concuerda con los resultados del estudio en mención que indican que los frutos de mayor tamaño y calidad se obtienen a menor altitud, como consecuencia de la interacción entre temperatura y precipitación como factores ambientales determinantes en dichas altitudes, demostrando que las cantidades menores de lluvia durante el llenado de los frutos, dan como resultado frutos de menor tamaño.

El análisis del desempeño fisiológico de las plantas en diferentes condiciones ambientales, es de gran importancia para desarrollar y aplicar técnicas que permitan superar las pérdidas que se ocasionan en los rendimientos de los cultivos durante las fases de pre y postcosecha.

BIBLIOGRAFÍA

- Arcila, M.I.; Torres, F.; Cayón, G.; Giraldo, G. 1998. Cambios físicos durante la maduración del fruto de plátano Dominico-Hartón (*Musa* AAB Simmonds) asociados con el clima de la región cafetera central colombiana. Revista Corbana (Costa Rica) 23 (49): 57-68.
- Belalcázar, S.; Cayón, G.; Lozada, J.E. 1991. Ecofisiología del cultivo. In: Belalcázar, S. (ed.). El cultivo del plátano en el trópico. ICA-INIBAP-CIID-COMITECAFE Quindío. Feriva, Cali. pp. 91-109.
- Belalcázar, S.; Valencia, J.A.; Arcila, M.I. 1994. Estudio sobre densidades de población en plátano clon Domico-Hartón (*Musa* AAB, Simmonds) en Colombia. En: ACORBAT X Reunión de la Asociación para la Cooperación en investigación de Bananos en el Caribe y en América Tropical (10, 1991, Tabasco, México). Memorias. Miguel A. Contreras, José A. Guzmán, Luis R. Carrasco. (eds.). San José, C.R. CORBANA. pp. 535-548.
- Belalcázar, S.; Valencia, J.A.; Arcila, M.I. 1994. Influencia de la defoliación sobre la producción de plátano Dominico-Hartón (*Musa* AAB Simmonds). In: ACORBAT. X Reunión de la Asociación para la Cooperación en Investigación de Banano en el Caribe y en América Tropical (10, 1991, Tabasco, México). Memorias. Editores Miguel A. Contreras; José A. Guzmán; Luis R. Carrasco, San José, C.R., CORBANA. pp. 525-534.
- Belalcázar C., S.; Valencia M., J.A.; Arcila P., M.I.; Cayón S., G. 1995. Efecto de la defoliación selectiva durante la floración sobre el llenado de los frutos del clon de plátano Dominico-Hartón (*Musa* AAB Simmonds). En: Mejoramiento de la producción del cultivo del plátano. ICA-COMITECAFÉ QUINDÍO-CIID (IDRC)-CORPOICA-INIBAP-INPOFOS. Armenia. pp. 104-111.
- Camp P.J., S.C. Huber, J.J. Burke & D.E. Moreland. 1982. Biochemical changes that occur during senescence of wheat leaves. I. Basis for the reduction of photosynthesis. Plant Physiol. 70: 1641-1646.

- Cayón, G. 1992. Fotosíntesis y productividad de cultivos. *Revista Comalfi* 19 (2): 23-31.
- Cayón, G.; Lozada, J.E.; Belalcázar, S. 1994. Estudios comparativos sobre la actividad fotosintética de clones de plátano (*Musa* AAB, ABB Simmonds) en Colombia. En: ACORBAT. X Reunión de la Asociación para la Cooperación en Investigación de Banano en el Caribe y en América Tropical (10, 1991, Tabasco, México). Memorias. Editores Miguel A. Contreras; José A. Guzmán; Luis R. Carrasco, San José, C.R., CORBANA. pp. 549-558.
- Cayón, G.; Lozada, J.E.; Belalcázar, S. 1995. Respuestas fisiológicas del plátano Dominico-Hartón (*Musa* AAB Simmonds) en densidades altas de siembra. En: ACORBAT. XI Reunión de la Asociación para la Cooperación en Investigación de Banano en el Caribe y en América Tropical (02, 1994, San José, Costa Rica). Memorias. Editora Vicky Morales Soto. ACORBAT. pp. 687-699.
- Cayón, G.; Lozada, J.E.; Belalcázar, S. 1995. Contribución fisiológica de las hojas funcionales del plátano (*Musa* AAB Simmonds) durante el llenado del racimo. In: ACORBAT. XI Reunión de la Asociación para la Cooperación en Investigación de Banano en el Caribe y en América Tropical (02, 1994, San José, Costa Rica). Memorias. Editora Vicky Morales Soto. ACORBAT. pp. 725-739.
- Cayón Gutiérrez, M.G.; El-Sharkawy, M.A.; Mejía de Tafur, S. 1998. Efectos fisiológicos del estrés hídrico en el clon de plátano Dominico-Hartón (*Musa* AAB Simmonds). *InfoMusa* 7 (2): 12-14.
- Cayón, G.; Morales, H.; Celis, L.D. 2000. Respuestas del plátano Dominico-Hartón (*Musa* AAB Simmonds) a la defoliación selectiva en la zona cafetera central. *Acta Agronómica* 50 (1, 2): 20-25.
- Cayón, G. 2001. Evolución de la fotosíntesis, transpiración y clorofila durante el desarrollo de la hoja de plátano (*Musa* AAB Simmonds). *InfoMusa* (Francia) 10 (1): 12-15.
- Champion, J. 1975. El Plátano. Traducción 3a. ed. inglesa, por Palomeque, F. Blume, Barcelona. 247 p.
- Evans J.R. 1986. The relationship between CO₂-limited photosynthetic rate and ribulose-1, 5 biphosphate-carboxylase content in two nuclearcytoplasm substitution lines of wheat and coordination of ribulose-bisphosphate-carboxylation and electron-transport capacities. *Planta* 167: 351-358.
- Friedrich J.W. & R.C. Huffaker. 1980. Photosynthesis, leaf resistances and ribulose-1, 5-bisphosphate carboxylase degradation in senescing barley leaves. *Plant Physiol.* 65: 1103-1107.
- Gabrielsen E.K. 1948. Effects of different chorophyll concentrations on photosynthesis foliage leaves. *Physiologia Plantarum* 1: 5-37.
- Holloway P.J., D.J. Maclean & K.J. Scott. 1983. Rate-limiting steps of electron transport in chloroplasts during ontogeny and senescence of barley. *Plant Physiol.* 72: 795-801.
- Kura-Hotta M., K. Satoh & S. Katoh. 1987. Relationship between photosynthesis and chlorophyll content during leaf senescence of rice seedlings. *Plant Cell Physiol.* 28: 1321-1329.
- Makino A., T. Mae & K. Ohira. 1983. Photosynthesis and ribulose 1, 5 bisphosphate-carboxylase in rice leaves. Changes in photosynthesis and enzymes involved in carbon assimilation from leaf development through senescence. *Plant Physiol.* 1002-1007.
- Makino A., T. Mae & K. Ohira. 1985. Photosynthesis and ribulose 1,5 bisphosphate-carboxylase/oxygenase in rice leaves from emergence through senescence. Quantitative analysis by carboxylation/oxygenation and regeneration of ribulose 1,5 bisphosphate. *Planta* 166: 414-420.
- Morales, H.; Belalcázar, S.; Cayón, 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 (1998, Armenia, Colombia). Memorias. Giraldo, M.; Belalcázar, S.; Cayón, G.; Botero, R. (Eds.). CORPOICA, UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO, COMITECAFÉ QUINDÍO, SENA. pp. 237-246.
- Ostmark, H.E. 1974. Economic insect pest of bananas. *Ann. Rev. Entom.* 19:161-176
- Puvis, J. 1945. Contribution a etude de la pigmentation des bananes en Guinée francaise. *Fruits* 1 (4).
- Raschke, K. 1956. Über die physikalischen Beziehungen zwischen arbeitsübergangszahl, Strahlungsaustausch, Temperatur und Transpiration eines Blattes. *Planta* 48: 200-238.
- Robinson, J. C.; Bower, J. P. 1988. Transpiration characteristics of banana leaves (cv."Williams") in response to progressive depletion of available soil moisture. In: Memorias de la IV reunión sobre agrofisiología del banano. (J. A. Guzmán; R. Romero, eds.). pp. 53-65. ASBANA, Costa Rica.

- Rose, Ch.; Lara, L.M.; Cayón, G.; Giraldo, G. 2001. Efecto del granizo y el viento sobre el desarrollo y calidad de los frutos de plátano Dominico-Hartón y FHIA 21. *InfoMusa* (Francia) 10 (2): 13-17.
- Salisbury, F.B.; Ross, C.W. 1985. *Plant Physiology*. Walsworth, Belmont. 540 p.
- Satyanarayana, M. 1986. Effect of number of functional leaves on growth and yield of "Dwarf Cavendish" banana (AAA). *Newsletter of the International Group on Horticultural Physiology of Banana*, University of Western Australia, 9:34-6.
- Shibles, R.; Secor, J.; Ford, D.M. 1987. Carbon assimilation and metabolism. In: *Soybeans: Improvement, Production, and uses*. ASA-CSSA-SSSA, Madison. pp. 535-588.
- Shmueli, E. 1960. Chilling and frost damage in banana leaves. *Buw. Res Council Israel*. 8 (3,4): 225.
- Silveira, M. 1987. Fotossíntese no dossel das plantas cultivadas. In: *Ecofisiologia da Produção Agrícola*. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, Piracicaba. pp. 13-48.
- Slocum, A.F. 1933. Effect of low temperatures upon cell structure. *Bull. 48. Res. Depart. U.F.C.*
- Stover, R.H.; Simmonds, N.W. 1987. *Bananas*. Third edition. Longman Scientific & Technical, London, UK.
- Swennen, R.; De Langhe, E. 1985. Growth parameters of yield of plantain (*Musa* cv. AAB). *Ann. Bot.* 56: 197-204.
- Tai, E. A. 1977. Banana. In: *Ecophysiology of tropical crops*. P. de T. Alvim; T. T. Kozłowski (eds.). Academic press, New York. pp. 441-460.
- Taylor, S.E.; Sexton, O.J. 1972. Some implications of leaf tearing in *Musaceae*. *Ecology* 53: 143-149.
- Turner, D.W. 1980. Some factors related to yield components of banana in relation to sampling assess nutrient status. *Fruits* 35: 19-23.
- Turner, D.W. 1994. Bananas and Plantains. In: Schaffer, B. and Andersen, P. (eds.). *Handbook of environmental physiology of fruit crops*. Volume II: Sub-tropical and tropical crops. pp. 37-64.
- Uthaiyah, B.C.; Indires, M.; Jayarama Reddy And Balakrishna Rao, K. 1992. Performance of banana cultivars under indian west coast conditions. *Agric. Res. J. Kerala* 30(2):84-88.

GUIA DE CAMPO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES HÍBRIDOS DE BANANO Y PLÁTANO DE LA FHIA

FIELD GUIDE TO IDENTIFY MAIN FHIA BANANA AND PLANTAIN HYBRIDS

Álvarez, J. M.¹ y F. E. Rosales²

SUMMARY

The Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) has developed and made available several high yielding-black Sigatoka resistant banana and plantain hybrid cultivars. In Cuba, they occupy an area of 17,900 ha and have substituted 95% existing Cavendish clones, savings almost 3 million American dollars. The purpose of this work is to present a practical guide to identify these hybrids. The guide will be published by INIBAP in three languages: Spanish, English and French. A system including two observation periods: **before** and **after** flowering is employed for hybrids recognition and classification. The first step is to group banana and plantain by their clonal type. The second classification is conducted by pseudostem color and the third one by leaves disposition, type and color of petiole canal. After flowering, a classification is conducted using shape and male bud's color; bunch shape and disposition in relation to the pseudostem; hands disposition; finger's shape and color, among others, etc.

RESUMEN

En los últimos años, la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) ha puesto a disposición de los países productores de banano y plátano varios cultivares híbridos con alto potencial productivo, resistentes a Sigatoka negra y a otras plagas importantes. Estos híbridos, en su mayoría tetraploides (AAAA, AAAB y AABB), son una nueva e importante alternativa para millones de personas que utilizan estos cultivos como fuente de alimento e ingresos y que actualmente están imposibilitados de enfrentar los altos costos que representa la lucha con productos químicos contra enfermedades y plagas que afectan negativamente a los clones tradicionales de banano y plátano.

En Cuba estos híbridos ocupan actualmente un área de 17,900 ha., y han sustituido a mas del 95% de las plantaciones existentes de los clones Cavendish ('Gran Enano', 'Parecido al Rey', 'Robusta', 'Gigante', etc) con un significativo ahorro anual de productos químicos, uso de aviones, etc., del orden de los 3 millones de dólares americanos.

El objetivo del presente trabajo, es presentar el contenido de una Guía practica de identificación de estos híbridos, que será publicada posteriormente por el INIBAP y puesta a disposición de todos los posible interesados a nivel mundial en los idiomas español, inglés y francés. Las características escogidas para la identificación se estudiaron durante siete años en diferentes localidades de Cuba. Posteriormente, para verificar su utilidad se sembró en el 2002 una parcela con 15 híbridos, 9 tipo banano y 6 tipo plátano (Bananos: FHIA-01, FHIA-02, FHIA-03, FHIA-17, FHIA-18, FHIA-23, FHIA-25, SH-3436, y SH-3640. Plátanos: FHIA-04, FHIA-05, FHIA-19, FHIA-20, FHIA-21 y FHIA-22.)

Para el reconocimiento y clasificación de los híbridos se utiliza un sistema que incluye dos periodos de observación: **antes** y **después** de la floración. El primer paso es un agrupamiento por tipo clonal: bananos o plátanos. La segunda clasificación se realiza por coloración del seudotallo y la tercera clasificación se hace por la disposición de las hojas, tipo de canal peciolar y color de los mismos. Después de la floración, se realiza una clasificación por forma y color de las bellotas; disposición del racimo con relación al seudotallo; forma del racimo; disposición de las manos; forma y color de los dedos, entre otros. etc.

La guía es muy práctica y de contenido no exhaustivo. Se ha preparado teniendo como mayor usuario a personal de investigación y transferencia de tecnología que necesiten un mayor conocimiento de las diferencias morfológicas de cada uno de estos híbridos, sin llegar a ser taxónomos. Su aplicación apropiada nos permite determinar de forma rápida y con un alto grado de confiabilidad los materiales disponibles pudiendo llegar a eliminar mezclas entre ellos, y adquirirlos y desarrollarlos de forma segura y confiable.

¹ Jefe Programa de Plátano, MINAG, Cuba. : platano@minag.gov.cu. ² Coordinador Regional INIBAP LAC, Costa Rica. inibap@catie.ac.cr



Notas Científicas

Scientific Notes

Note Scientifique





MICROPROPAGACIÓN
MICROPROPAGATION

NUEVO MÉTODO PARA EL ESTABLECIMIENTO DE SUSPENSIONES CELULARES EMBRIOGÉNICAS EN PLÁTANO VIANDA (AAB).

A NEW METHOD FOR ESTABLISHING EMBRYOGENIC CELL SUSPENSIONS IN PLANTAIN (AAB).

López, J.¹, R. Gómez², N. Montano¹, A. Rayas¹, M. Cabrera¹, A. Santos¹, D. Reinaldo¹, R. Trujillo³, J. Ventura¹ y H. Toledo¹.

SUMMARY. A plant regeneration method through somatic embryogenesis from different explant sources was developed. The best growth regulator to obtain sprouted buds was Ancyridol at 0,2 mg.L⁻¹ concentration (preparation phase of embryogenesis). In callus induction, sprouted buds at 1,11 mgL⁻¹; 2,4-D concentration gave rise to the highest percentage in the formation of embryogenic structures for this explant type, and a similar performance was shown using multiple meristems (scalps). Germination values were 77,40% using the RITA Immersion System. Field performance during two growing cycles with different clones showed that it was feasible to apply the new methodology.

INTRODUCCION. La regeneración de plantas por medio de la embriogénesis somática (ES) permite disponer de otra alternativa para la propagación *in vitro* y de un sistema de multiplicación celular útil para la mejora genética por métodos biotecnológicos. En el caso de los plátanos viandas (Tipo Horn plantain) el proceso ha tenido mayor éxito al usar como explante los meristemos proliferantes al no disponer de inflorescencia masculina. Teniendo en cuenta esta limitante se realizó el presente trabajo para el desarrollo de la embriogénesis somática a partir de diferentes fuentes de explantes hasta la obtención de plantas completas.

MATERIALES Y METODOS.

Se utilizó el clon de plátano vianda 'Navolean', procedente del Banco de germoplasma del INIVIT. El establecimiento *in vitro* de los materiales se realizó según López y col., (2002). Para determinar el tipo y concentración de regulador de crecimiento en la obtención de explantes competentes para la ES, se cultivaron los ápices meristemáticos en el medio de cultivo P5 (Schoofs, 1997) suplementado con Thidiazuron y Ancyridol (0,2; 0,4; 0,6 mg/L cada uno individualmente). Se utilizó como control meristemos proliferantes en el medio de cultivo P4 (Schoofs y col., 1999).

Con el objetivo de inducir los cultivos embriogénicos se estudio la combinación de tipo de explante (inflorescencias femeninas inmaduras, yemas brotadas (YB) y meristemos proliferantes (MP) *in vitro*) y la concentración de 2,4-D. El establecimiento y desarrollo de las suspensiones celulares embriogénicas (SCE) hasta la conversión de los embriones en plantas se realizó según López y col, (2000) y Cabrera y col, (2002). Las plantas regeneradas se evaluaron en campo durante dos ciclos de cosecha.

RESULTADOS Y DISCUSION.

En la fase preparativa de obtención de explantes óptimos, para iniciar la ES el mayor número de YB correspondió a los tratamientos de 0.2 y 0.4 mg.L⁻¹ de ancymidol (2.65 y 2.20 respectivamente).

Cuando se utilizó el explante YB, a la concentración de 1,11 mg.L⁻¹ de 2,4-D mostró el mayor porcentaje de formación de callos con estructuras embriogénicas, sin diferencias significativas con los MP.

La utilización de YB propicia el uso de un nuevo explante para la inducción de los cultivos embriogénicos, sin ser necesario varios subcultivos con altas dosis de BAP (medio de cultivo P4).

Se establecieron las suspensiones celulares embriogénicas, las cuales no mostraron diferencias estadísticas con los MP en relación al número de cluster embriogénicos formados.

Los agregados celulares se caracterizaron por células embriogénicas pequeñas, esféricas, con un contenido citoplasmático denso, vacuolas pequeñas, gránulos de almidón y una alta razón núcleo/citoplasma.

Luego se logró la formación de 1584 ± 17,96 embriones por mL de SCE y se alcanzó una germinación de 77,40% embriones.

CONCLUSIONES

Se logró una metodología para el desarrollo de la ES que complementa las existentes actualmente.

Los resultados en campo durante dos ciclos de cosecha en cuatro clones estudiados demostraron la factibilidad de utilizar la nueva metodología desarrollada.

BIBLIOGRAFIA

1. Schoofs, H., B. Panis, H. Strosse, A. Mayo, J. López. 1999. INFOMUSA 8(2): 3-7.

¹Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT).

²Instituto de Biotecnología de las Plantas (IBP).

³Centro de Bioplasmas (UNICA). INIVIT, Apdo 6, Sto Dgo., CP 53000, V.C. Cuba. E-mail: inivit@enet.cu

INDUÇÃO DE CALUS EN MUSA spp Y EL ESTABLECIMIENTO DE CELULA EMBRYOGENICA EN SUSPENSION

INDUCTION OF CALLUS IN BANANA *MUSA* spp AND ESTABLISHMENT OF EMBRYOGENIC CELL SUSPENSION

Morais, L. S.¹, S. de O. Silva², J. A. Santos-Serejo²

SUMMARY. Embryogenic callus formation using banana tissues is a very important phase for the establishment of embryogenic cell suspension and the use of these in the development of techniques such as somatic hybridization. The work was initiated in December 2003 in the Plant Biotechnology Laboratory at Embrapa Cassava and Fruit Crop. Six male inflorescences of each of the varieties: Maçã, Terra, Nanico, Grande Naine and Cavendish Brasil, were used. The inflorescences were inoculated in culture medium and cultivated in the dark for callus induction. After four to five months of cultivation, embryogenic callus were observed and were used for the establishment of cell suspension. Only the Terra variety did not form callus.

INTRODUCTION. Banana genetic breeding programs using biotechnology have been incremented due to the rapid propagation of black-Sigatoka and the difficulty of working with the *Musa* genus in conventional breeding. Somatic embryogenesis is a technique that was developed to be used in massive propagation of some plant species and serve as support for the genetic breeding, in genetic transformation as well in protoplast fusion. This technique uses synthetic growth regulators (auxins) in order to induce dedifferentiation of tissues and the formation of embryogenic callus tissues (Strosse, 2004). The formed callus is used for the establishment of embryogenic cells in suspension that will be used in techniques such as somatic hybridization in order to support the banana genetic breeding program in the production of new varieties with desired agronomic traits. The objective of this work was to induce embryogenic callus for the establishment of banana cell suspension.

MATERIAL AND METHODS. The work began in December 2003 in the Plant Biotechnology Laboratory at Embrapa Cassava and Fruit Crop, Cruz das Almas-Bahia-Brazil. Six male inflorescences of each of the following varieties: Maçã, Terra, Nanico, Grande Naine and Cavendish Brasil, were inoculated in culture medium for callus induction. The culture medium described by Matsumoto & Oka (1998) was used. The explants were maintained in the dark for four to five months until the formation of embryogenic callus, afterwards they were transferred to Erlenmeyer containing liquid MS medium (Murashige and Skoog, 1969), supplemented with 5µM of 2,4-D and 100mg/L of glutamine in order to initiate the establishment of the cell suspension. Approximately two months later, the callus and other tissues were sieved for separation from the medium, remaining only the cells in suspension that were then subcultivated weekly in shaker at 120 rpm under 26 ± 2 °C temperature in the dark.

RESULTS AND DISCUSSION. After four months of male inflorescences cultivation in culture medium, friable callus appeared for the Maçã, Nanico, Grande Naine and Cavendish Brasil varieties (Figure-1). For the Terra variety, there has not been callus formation until now. It can be assumed that these conditions were not favorable for callus formation for this variety. The friable callus was transferred to Erlenmeyer containing liquid culture medium. After two weeks of subcultivation in liquid medium, the appearance of cells in suspension occurred and two months after the cultivation in liquid medium the suspension was filtered.

Only the cell suspension of the Grande Naine variety is still growing until the moment, the others oxidized. After the establishment of the cell suspension it will be used to develop the technique of somatic hybridization.

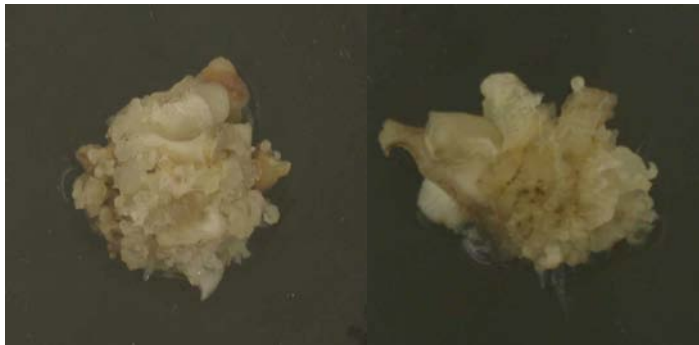


Figure 1- Banana embryogenic callus of the Grande Naine and Maçã varieties, respectively, after four months of culture.

CONCLUSION. Good results were obtained with the induction of callus using male banana inflorescences, concluding that the efficiency of callus production depends on the variety used and of cultivation conditions.

REFERENCES

1. Murashige T., Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Physiol Plant* 15: 473-497.
2. Strosse, H., Domergue, R., Panis, B., Escalant, J., Côte, F. 2004. Banana and plantain embryogenic cell suspensions. INIBAP Technical Guidelines. 31p.
3. Matsumoto, K. Oka, S. 1998. Plant regeneration from protoplasts of a Brazilian dessert banana (*Musa* spp., AAB group). *Acta Hort.* 490: 455-462.

¹Embrapa Cassava and Fruit Crop, Scholarship program DTR-II da Fapesb – Masters.

²Embrapa Cassava and Fruit Crop, Researchers – Biotechnology and Plant Genetic Breeding.

³Embrapa Cassava and Fruit Crop. Rua Embrapa, s/n - Caixa Postal 007 - Cruz das Almas - BA, 44.380-000. s/n Tel.(75) 621-8060. Brasil.

PROTOCOLO PARA LA PROLIFERACIÓN DEL PLÁTANO (Musa AAB) CLON CEMSA ¾ EN BIORREACTORES DE INMERSIÓN TEMPORAL.

PROTOCOL FOR PROLIFERATION OF THE PLANTAIN (Musa AAB) CLON CEMSA ¾ IN TEMPORARY IMMERSION BIOREACTOR.

Cejas, I.¹, Capote, I.¹, Escalona, M.¹, Noceda, C.², Rodríguez, R.²,
Cañal, M.J.², Sandoval, J.³, Roels, S.⁴, Debergh, P.⁴

SUMMARY. Was evaluated three cytokinins actions (BA, mT, TDZ) in different concentrations (0, 1.33, 2.22, 4.44, 13.3 y 22.2 µmol/L) to objective better medium composition and increase the rate of proliferation and quality of the shoot tip. The meta-topolin to concentration of 4.44 µmol/L increases significantly the rate of proliferation of the shoot tip and obtain 90% of the same as well for the acclimatization. With the application of this protocol is possible to obtain 5.3 times more shoots that when employed semi-solid medium.

INTRODUCCIÓN. Los bananos son uno de los cultivos que más han sido multiplicados con el empleo de la técnicas *in vitro*. El plátano por su parte resulta ser una de las plantas que presenta gran dificultad para su establecimiento *in vitro*, a pesar de pertenecer a la misma familia. El procedimiento clásico se basa en la proliferación del meristemo apical, en el mismo la BA es la citoquinina que se utiliza fundamentalmente para la proliferación de yemas axilares.

En la actualidad se viene empleando la meta-topolina, para la proliferación de yemas axilares en diversos cultivos, con muy buenos resultados. Sin embargo no tenemos conocimiento que esta citoquinina haya sido usada para la proliferación del plátano. El empleo de las técnicas de inmersión temporal son una herramienta para incrementar los coeficientes de multiplicación de especies vegetales, como por ejemplo *Saccharum sp.* (Lorenzo *et al.*, 1998) *Ananas comosus* (Escalona *et al.*, 1999) Banano (Daquinta *et al.*, 2000). Este trabajo se realizó con el objetivo de establecer un protocolo para la proliferación del plátano *Musa AAB*, clon CEMSA ¾ en Biorreactores de Inmersión Temporal.

MATERIALES Y METODOS. Los experimentos se realizaron en el Centro de Bioplasmas de la Universidad de Ciego de Ávila, Cuba en colaboración con el BOS de la Universidad de Oviedo, España. Se utilizó la variedad de plátano CEMSA ¾ (AAB) proveniente del Banco de Germoplasma del Instituto Nacional de Investigación de Viandas Tropicales (INIVIT) con tres subcultivos en medio semisólido. Se empleó el diseño de Biorreactor de Inmersión Temporal descrito por Escalona *et al.*, 1999, en todos los experimentos a excepción del relacionado con el de tamaño del BIT, se utilizaron frascos Nalgene de 250 ml de capacidad, la cantidad de medio de cultivo fue de 200 ml (20ml/brote). Se inocularon un total de cinco brotes por bioreactor, previa a la inoculación cada brote se seccionó a la mitad y se eliminaron las hojas. El medio basal consistió de las sales y vitaminas MS (Murashige & Skoog, 1962) suplementado con 3% de sacarosa. Se determinó la acción ejercida por tres citoquininas (6-benciladenina (BA); 6-(3-hidroxibenzilaminopurina) meta-topolina (mT) y el 1-fenil-3(1,2,3-tidiazol-5-yl)urea (TDZ) a diferentes concentraciones (0, 1.33, 2.22, 4.44, 13.3 y 22.2 µmol/L) y se determinaron otras condiciones de cultivo en el BIT. En todos los experimentos se determinó el coeficiente de multiplicación así como se evaluó la calidad de los brotes a los 28 días del cultivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. Los mayores coeficientes de multiplicación se lograron cuando se empleó el mT y el TDZ a 4.44 µmol/L, estos alcanzaron valores de 12.9 y 11.4 respectivamente. El TDZ a pesar de alcanzar altos valores en el coeficiente de

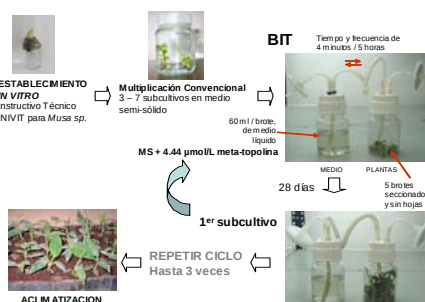
multiplicación no presento una buena calidad en los brotes, en los mismos se puso de manifiesto un incremento de la proliferación caulinar con la coexistencia de yemas axilares con neoformación de tallos vía organonénesis adventicia, mientras que con el empleo del mT el 90% de los brotes salían apto para la aclimatización *ex vitro*.

El suministro de nutrientes en el BIT cuando la frecuencia de inmersión fue de una hora, disminuyó significativamente la capacidad morfogénica de los brotes, así como la calidad de los mismos.

Otras condiciones de cultivo evaluadas en el BIT como el volumen de medio de cultivo, el tamaño del frasco, la edad fisiológica de los brotes inoculados en el BIT y por último el número de ciclos de multiplicación en el biorreactor, influyeron considerablemente en el coeficiente de multiplicación y en la calidad de los brotes.

Todos estos aspectos son considerados fundamentales a tener en

PROTOCOLO PARA LA PROLIFERACIÓN DEL PLÁTANO *Musa* (AAB) CLON CEMSA ¾ EN BIORREACTORES DE INMERSIÓN TEMPORAL



cuenta cuando se establece un protocolo de propagación *in vitro* empleando la técnica de inmersión temporal para cualquier cultivo (Etienne H. & Berthouly M., 2002).

CONCLUSIÓN. Se estableció un protocolo para la proliferación del plátano clon CEMSA ¾ en Biorreactores de Inmersión Temporal con mayor eficiencia biológica que la micropropagación en medio semi-sólido. Con la aplicación de este protocolo es posible obtener 5.3 veces más brotes a partir de un meristemo apical que por el método convencional.

BIBLIOGRAFÍA

1. Daquinta M.; Lescano Y; Escalona M.; Santos R., 2000. Multiplicación *in vitro* de banano FHIA-18 con paclobutazol y thidiazuron en diferentes forma de cultivo. Revista Brasileira de Fruticultura 22(1): 86-88.
2. Escalona M.; Lorenzo J.C.; González B., 1999. Pinapple (*Ananas comosus* L. Merr) micropropagation in temporary immersion systems. Plant Cell Rep, 18: 743-748.
3. Etienne H. & Berthouly M., 2002. Temporary immersion systems in plant micropropagation. Plant Cell. Tiss. Org. Cult. 69:215-231.

¹Universidad de Ciego de Ávila, Cuba.

²BOS, Universidad de Oviedo, España.

³CORBANA, Costa Rica.

⁴Universidad de Gent, Bélgica

EFFECTO DE LA DOSIS DE BENCIL AMINOPURINA SOBRE LA MULTIPLICACIÓN *in vitro* DE PLÁTANO 'DOMINICO' (MUSA AAB)

EFFECT OF BENCYLAMINOPURINE DOSE ON *in vitro* PROPAGATION OF 'DOMINICO' BANANA (MUSA AAB)

Ma. Hilda Pérez Barraza³ y Victor Vázquez Valdivia²

SUMMARY. The objective was to know the effect of Bencil amino purine (BAP) on *in vitro* propagation of 'Dominico' banana. Four doses of BAP (4, 6, 8 and 10 mg per liter) were evaluated in the propagation phase. An increasing of 62% the multiplicative rate of vegetative shoots, with 8 mg/l of BAP, it was found.

INTRODUCCIÓN. La tecnología generada para propagar plátano por cultivo de tejidos (2), recomienda en la fase multiplicación la adición de 3 – 5 mg/l de Bencil amino purina (BAP) al medio de cultivo propuesto por Murashige y Skoog (1), lo cual es óptimo para obtener una tasa de proliferación adecuada. Esta tecnología funciona con determinados cultivares de plátano como Enano Gigante cuya tasa de multiplicación después del quinto subcultivo es de 3.4 brotes/explante; mientras que para 'Dominico' la tasa es de 1.8 brotes. Lo anterior ocasiona que la propagación clonal de plantas de plátano 'Dominico' por cultivo de tejidos sea más lenta en comparación con 'Enano Gigante'.

MATERIALES Y MÉTODOS. El presente trabajo se realizó durante el 2003, en el laboratorio de cultivo de tejidos vegetales, del Campo Experimental Santiago Ixcuintla (CESIX) en Nayarit. Para ello se utilizaron plantas (hijuelos) de plátano 'Dominico', obtenidos del banco de germoplasma de plátano del CESIX. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, evaluando cuatro tratamientos con 10 repeticiones. Los tratamientos consistieron en cuatro dosis de BAP (4, 6, 8 y 10 mg/litro) en la fase de multiplicación, considerando la dosis de 4 mg como testigo. En cada uno de los subcultivos o ensayos, las variables evaluadas fueron: Número de brotes por explante, tasa de multiplicación, número de explantes contaminados, porcentaje de sobrevivencia y altura de los brotes.

RESULTADOS. A los 14 días después del quinto subcultivo se obtuvo una tasa de multiplicación de 2.2 brotes/explante con las dosis de 8 y 10 mg/l; sin embargo, a los 21 días después de la siembra (justo antes del siguiente subcultivo) la mayor tasa de multiplicación (3.2 b/e) se presentó en los explantes tratados con 8 mg/l, mientras que con 4 mg/l la tasa fue de 1.9 brotes. Se logró un incremento en la tasa de multiplicación del 24 al 63% aumentando la dosis de BAP de 4 a 6, 8 y 10mg/l, teniendo el mayor incremento con la dosis de 8 mg/l (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto de la dosis del BAP en la tasa de multiplicación de plátano 'Dominico'. 2003.

Dosis de BAP (mg/litro)	Días después del subcultivo			Incremento (%)
	7	14	21	
4	1.4 a ^y	1.6 c	1.9 c	0
6	1.6 a	1.9 b	2.3 b	24.7
8	1.8 a	2.2 a	3.2 a	62.9
10	1.6 a	2.2 a	2.6 ab	39.2

^z Promedio de cuatro ensayos, donde un ensayo es igual a un subcultivo.

^y Medias con la misma letra entre columnas son iguales estadísticamente. Duncan ($\alpha = 0.05$).

¹INIFAP-Nayarit. Apdo. Postal 100, Santiago Ixc., Nayarit. E-mail: hipeba@aol.com.

² INIFAP-Nayarit. Apdo. Postal 100, Santiago Ixc., Nayarit. E-mail: vazper@aol.com

El tamaño de los brotes obtenidos por explante no fue afectado por la dosis de BAP. La altura fue de 2.97 a 3.35 cm, el tamaño final obtenido en el octavo subcultivo fue entre 5 y 6 cm.

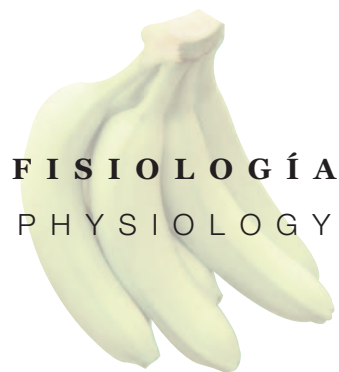
CONCLUSIONES.

La adición del regulador de crecimiento Bencil amino purina (BAP) en dosis de 8 mg/l al medio de cultivo Murashige and Skoog (MS), incrementó la tasa de multiplicación de brotes vegetativos de plátano 'Dominico' en un 63%.

La altura de los brotes no fue afectada por ninguna de las dosis de BAP.

BIBLIOGRAFIA.

1. Murashige, T. and Skoog. 1974. Ann. Rev. Plant Physiol. 25:135-166.
2. Robles G., M. M. 1993. Desplegable para productores No. 2. SARH-INIFAP-CIPAC.



FISIOLOGÍA
PHYSIOLOGY

**CONTRIBUCIÓN FISIOLÓGICA DE LAS HOJAS Y EL
EPICARPIO DEL FRUTO DEL PLÁTANO HARTÓN (*Musa AAB
Simmonds*) AL LLENADO Y CALIDAD DEL RACIMO, LOS
CÓRDOBAS – COLOMBIA**

**LEAVES AND EPICARP CONTRIBUTION OF THE HARTON
BANANA FRUIT (*MUSA; AAB*) TO THE FILLING AND QUALITY
OF THE RACEME. LOS CÓRDOBA COLOMBIA**

Barrera, V. J. L⁴., Cayón, S. G.⁵

SUMMARY. The research it was done during two years (2002 - 2003) in Los Cordobas Country. The treatments were distributed in a hazard completes blocks design through three repetitions and ten treatments (leaves and inflorescence expositive). The mope outstanding results shone that the numbers of leaves exposed during the filling period affect significantly this process and the fruit quality (weight, length and thickness). Also the chemistry characteristics of the pulp (the solubles solids quantity (%) of the fruit) were affected by the treatments evaluations.

INTRODUCCIÓN. Colombia es el primer país productor de plátano de latino América, con una área sembrada de aproximadamente 447.000 Has, las cuales generan divisas y empleo para el país. Los productores de plátano del departamento de Córdoba y el Urabá Antioquia tiene que comercializar a bajos precios en el mercado nacional más del 50% de la cosecha porque las plantas no reúnen las condiciones agrónómicas para el mercado internacional, entre las causas más relevantes, la falta de hojas presentes al momento de la cosecha, por tal razón fue necesario evaluar el flujo de fotoasimilados y la contribución de la fotosíntesis foliar y del epicarpio de los frutos durante el periodo de llamado del racimo, y determinar la incidencia de la pérdida de las hojas sobre la calidad postcosecha de las frutas.

METODOLOGÍA. El estudio se realiza en dos etapas: una en el campo, en el municipio de los córdobas ubicado a 8° 54' latitud norte y 75° 21' longitud este, con un promedio anual de lluvias de 1300 mm, temperatura promedio 28 °C y humedad relativa del 86% y la etapa de laboratorio en la universidad de Córdoba. Los tratamientos evaluados (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos utilizados

Tratamientos	Tercios foliares expuestos	Tercios foliares cubiertos	Inflorescencia cubierta
1	Superior – Medio – Inferior	Ninguno	No
2	Medio – Inferior	S	No
3	Superior – Inferior	M	No
4	Superior – Medio	I	No
5	Superior (S)	M – I	No
6	Medio (M)	S – I	No
7	Inferior (I)	S – M	No
8	–	S – M – I	No
9	–	S – M – I	Si
10	Superior – Medio – Inferior		Si

Fueron distribuidos en el campo en un diseño de bloques completos al azar, cuando las plantas se encontraban en la fase inicial de floración; las hojas y la inflorescencia se ubicaron con polietileno negro. Al momento de la cosecha, se seleccionaron los frutos centrales de los manos 1^a, 3^a y 5^a; en el laboratorio se efectuaron los análisis de refractometría para determinar la concentración de sólidos solubles.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. Peso del Racimo: Los resultados del análisis de varianza, mostraron diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0.01$), entre tratamientos. La prueba de separación de medias (Tukey), indico que los mejores tratamientos fueron el T1 (todas las hojas expuestas) y el T10 (todas las hojas expuestas y la bellota), lo cual demuestra la existencia de un mayor flujo de fotoasimilado, sin embargo cuando las plantas

tenían dos tercios de hojas expuestas y la inflorescencia, el peso fue inferior pero alcanzaron los estándares de calidad para la exportación. Las plantas que no tenían hojas expuestas y solo el epicarpio se obtuvieron racimos de bajo peso lo que indica la poca contribución de este órgano al llenado del fruto, resultados similares fueron reportados por Cayón, 1998. La longitud y grosor del fruto: Estas variables de suma importancia para la comercialización, el análisis de varianza reporto diferencias altamente significativas y la prueba de separación de medias (Tukey) señala que los mejores tratamientos fueron (T1 y T10, todas las hojas expuestas) seguido de los tratamientos que tenían dos tercios de hojas expuestas también alcanzaron el largo y grosor optimo para la exportación en el resto de tratamientos se observaron frutos cortos y delgados (T5, T6, T7, T8 y T9). En el contenido de sólidos solubles totales (SST) del fruto, se observó un incremento a mediada que avanzaba el proceso de maduración verde (V), verde claro (VC), amarillo verdoso (AV), amarillo (A) y muy amarillo (MA), registrándose la mayor concentración en el estado muy amarillo (M.A.) del 25%, inferiores a los reportados por Arcila, 2000. El análisis de varianza solo reportó diferencias altamente significativas para los estados (V y VC) la prueba de separación de medias (Tukey) señala que la mayor concentración de SST la presento el tratamiento T7 (el tercio inferior expuesto), lo que demuestra que la falta de hojas funcionales inciden en una mayor concentración de SST, posiblemente se debe a la madurez prematura del fruto, pero a medida que avanza el proceso de maduración el contenido de SST fue similar en todos los tratamientos, observándose una tendencia a incrementarse el contenido en los tratamientos con un mayor numero de hojas, debido al mayor contenido de almidón que se éstos presentaban y que posteriormente se convierten en azúcares (Wills, et. al, 1997).

CONCLUSIONES. Los tercios superiores y medio son los más comprometidos con el llenado del racimo, contribuyendo positivamente en un mayor flujo de fotosintatos hacia los frutos. El largo, grosor y peso del fruto son afectados significativamente por el número de hojas y epicarpio expuesto. El epicarpio del fruto no participa activamente en el proceso de llenado. Las características químicas del fruto no son afectados significativamente por el número de hojas y epicarpio expuesto.

BIBLIOGRAFÍA

1. ARCILA M., Giraldo. G. CÉLIS, F. y DUARTE, J. (2002). Influencia de las condiciones ambientales sobre las propiedades físicas y químicas durante la maduración del fruto de plátano Dominico Hartón (*Musa AAB Simmonds*) en la zona cafetera central. En: CAYÓN, G. (Ed.). Postcosecha y agroindustria del plátano en eje cafetero de Colombia. CORPOICA. Comité de Cafeteros del Quindío. Universidad del Quindío. Asiplat-Colciencias, FUDESCO. Armenia (Colombia). p.101–124.
2. CAYÓN, D. G. BELALCÁZAR. S. Y. LOZADA, J.E. 1998. Ecofisiología del plátano. En: Seminario Internacional sobre producción de plátano. Memorias. Armenia, Colombia. p. 221-235.
3. WILLS, R.; Lee. T.; Mc Glasson, B.; Graham, D. 1984. Fisiología y Manipulación de Frutas y Hortalizas Post – Recolección. Zaragoza, España. Acibria. p.18-22, 43-46, 81-83.

⁴ I.A. M.Sc. Docente Universidad de Córdoba. Colombia. Tel. (094)7860255, e-mail: jbarrera257@yahoo.com

⁵ I.A. M.Sc. Docente Universidad Nacional de Colombia. Cel. 3155477861. e-mail: DGCayónS@Unal.edu.co



PRÁCTICA DE CULTIVO
CROP MANAGEMENT

EFFECTO DE LA ALTA DENSIDAD DE SIEMBRA SOBRE EL PLÁTANO (*MUSA AAB SUBGRUPO PLÁTANO CV. HARTÓN*) EN FINCA DE PRODUCTOR, MUNICIPIO OBISPO, BARINAS, VENEZUELA

EFFECT OF HIGH PLANT DENSITY ON PLANTAIN (*MUSA AAB SUBGROUP PLANTAIN CV. HORN*) ON A FARMER SITE, COUNTY OBISPO, BARINAS, VENEZUELA

Delgado, E¹, Gomez, N¹, Gonzalez, O², y Marín, C³.

SUMMARY. The objective of this study was to evaluate the productive performance of Horn plantain (AAB) under high plant density at farmer site in Obispo County, Barinas, Venezuela. A validation on a farm site approach was used; two plots were established one with a traditional density of 3x3 and the other with 2x2 recommended both conducted by farmer. A random sample of plants was selected from both plots to score data. Bunch weight, finger weight, plant high, number of leaves at flowering, number of leaves at harvesting and diameter of stem. Highly differences significant were found on high density on bunch weight, finger weight, diameter of stem and number of leaves at flowering and harvesting. The yield on traditional density was 8.5 t/ha vs. 35 t/ha on high density. High density is an environmental friendly alternative for small poor plantain farmer.

INTRODUCCION. La presencia de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*), ha provocado bajas significativas en la producción de plátano, sobre todo para el pequeño productor, en este sentido el uso de la alta densidad de siembra surge como una alternativa ambientalmente amigable para compensar el efecto causado por la Sigatoka negra. Belalcazar (1) indica, se ha demostrado en cultivos como café y cacao que las altas densidades de siembra incrementan apreciablemente el rendimiento. En el plátano específicamente se han documentado incrementos en rendimiento que van de 270 a 345% con densidades de 3.000 a 5.000 plantas/ha. Otro de los beneficios de la población alta en plátano es la menor incidencia de sigatoka amarilla (*Mycosphaerella musicola*) y sigatoka negra (*M. fijiensis*). Las ventajas del sistema de alta densidades se pueden resumir como: Incremento potencial de rendimiento de acuerdo a la densidad de la población, mayor facilidad para planificar la producción, optimo uso de la tierra, alta producción de cormos lo que reduce el costo de semilla para siguientes siembras, Manejo ambientalmente adecuado del cultivo, por la reducción en el uso de productos para el control de plagas, enfermedades y malezas (2). La finalidad del estudio fue medir el efecto que sobre los parámetros agronómicos: altura de planta (AP), circunferencia del pseudotallo (CPS), número de hojas a floración (NHF) y hojas a cosecha (NHC) y los parámetros de rendimiento: Peso del racimo (PRAC), Peso del fruto (PFRT) y Número de frutos (NFRT) del plátano tuvo el empleo de la alta densidad de siembra a nivel de finca de productor manejados por el productor.

MATERIALES Y METODOS. El experimento se desarrollo en una finca de un productor bajo el enfoque de validación de tecnología en finca en el municipio Obispo, Barinas, Venezuela. Las parcelas fueron sembradas en un suelo Franco limoso (FL) con un pH 6.6. Se evaluaron dos parcelas con plátano hartón, una sembrado por el productor con el sistema tradicional (ST) de 3x3 para 1.111 pl/ha y la otra parcela sembrada por el productor con el sistema alta densidad (AD) recomendado de 2x2 para 2.500 pl/ha. Variables vegetativas: altura de planta a parición (AP), circunferencia del pseudotallo (CPS), número de hojas a floración (NHF), número de hojas a cosecha (NHC). Variables: de producción: peso del racimo (PRAC), número de frutos (NFRT) y peso del fruto (PFRT). Para la toma de datos de los parámetros agronómicos y de rendimiento se

tomaran al azar 40 plantas en el ST y 20 plantas en el AD, para la evaluación se utilizó la prueba de t-students a (P<0.05).

RESULTADOS Y DISCUSION. En los cuadros 1 y 2 se observa que las plantas bajo AD obtuvieron valores altamente significativos para CPS (0,0085), PRAC (0,0000), NFRT (0,0000), PFRT (0,000) NHF (0,000) y NHC (0,0000), no hubo diferencias significativa AP. En el ST se obtuvo un rendimiento de 8.5 t/ha en comparación con el AD de 35 t/ha.

Cuadro 1: Comparación de las Variables Vegetativas del Plátano Hartón (AAB) por tipo de densidad

Variable	Densidad (pl/ha)	N	Promedio	P ⁺
AP	(3x3) 1111	40	3.88	
	(2x2) 2500	20	3.79	n.s.
CPS	(3x3) 1111	40	55.9	**
	(2x2) 2500	20	58.8	0,0085
NHF	(3x3) 1111	40	10.5	**
	(2x2) 2500	20	13.6	0,0000
NHC	(3x3) 1111	40	4.2	**
	(2x2) 2500	20	10	0,0000

AP = Altura de planta (m); CPS = Circunferencia de pseudotallo (cm); NHF = Número de hojas a floración; NHC = Número de hojas a cosecha; P = Probabilidad 0.05 de t-students; ** altamente significativo.

Cuadro 2: Comparación de las Variables de Producción del Plátano Hartón (AAB) por tipo de densidad

Variable	Densidad (pl/ha)	N	Promedio	P ⁺
PRAC	(3x3) 1111	40	7.65	
	(2x2) 2500	20	16.5	0,000 **
NFRT	(3x3) 1111	40	24.2	
	(2x2) 2500	20	31.9	0,000 **
PFRT	(3x3) 1111	40	315.1	
	(2x2) 2500	20	520.1	0,000 **

PRAC = Peso del racimo (kg); NFRT = Número de Fruto; PFRT = Peso del Fruto (g); P = Probabilidad 0.05 de t-students; ** = Altamente significativo

CONCLUSIONES. El empleo de la alta densidad de siembra a 2.500 plantas/ha permite obtener una mayor cantidad de racimos por superficie, mayor peso de racimo y fruto de mayor peso, contribuyendo a la obtención un mayor ingreso para el pequeño productor y una mayor preservación del ambiente.

BIBLIOGRAFIA.

- Belalcazar, S. 1995. Cultivo del plátano en altas densidades, una nueva opción. Informaciones Agronómicas, Colombia, 20:1-4.
- Cayón, G., J. Lozada, y S. Belalcazar. 1995. Respuestas fisiológicas del clon de plátano Dominico-Hartón, *Musa AAB* Simmonds, en densidades altas de siembra. In: S. Belalcazar y O. Jaramillo (eds). Segundo Informe Técnico Regional nueve. CORPOICA. Armenia, Colombia.

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas-INIA-Barinas, Venezuela. Programa Frutales

² Técnico Asociado a la investigación INIA-Barinas

³ Técnico asociado a la investigación INIA-CENIAP-Maracay

EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SIEMBRA Y DISTANCIAS ENTRE PLANTAS EN LA PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE BANANO (*Musa* AAA cv Gran enano) EN REPÚBLICA DOMINICANA

Ventura, G. J.¹ y Jiménez, R. A.²

Tratamiento	Sistema de siembra	Distancia entre plantas m	Densidad plantas/ha
T1	Hileras simples	1.0	4,000
T2	Hileras simples	1.5	2,666
T3	Hileras simples	2.0	2,000
T4	Hileras dobles	1.0	4,000
T5	Hileras dobles	1.5	2,666
T6	Hileras dobles	2.0	2,000

SUMMARY. With the objective to determine the planting system and the more suitable distance of sowing in the organic production of banana (*Musa* AAA cv Great dwarf). An experiment was established in the Palo Verde Experimental Station, at Montecristi, Dominican Republic (19° 45' N and 71° 27' O, 13 msnm, precipitation 672mm, temperature 26.4 °C, Aridisoles soil with texture franc-sandy). In November 2001 to April 2003. Split-plot design was used with six treatments and three replicate blocks. The main plots were the simple and double rows of planting systems. The distance between simple rows system was 2,50 m. The distances between double rows system were 4,00 m between streets and 1,00 m into the double rows. The sub plots were the distances between plants (1,00, 1,50 and 2,00 m). Regression and variance analyses were made. There were differences ($P = 0, 02$) between the sowing systems for plants height. The greater plants height corresponded to simple rows system, for the smaller distances between plants. Increasing the distances between plants registered diminution in plants height and increase the pseudo stem perimeter for both systems. For buds weight ($p = 0,01$) and fingers length ($p = 0,002$) the better distances between plants depends on the sowing system. Increasing the distances between plants registered an increase in the finger diameter for both systems.

INTRODUCCIÓN. El cultivo del banano (*Musa* AAA) representa un importante renglón del sector agrícola en República Dominicana. El área bajo explotación es de 17,335 hectáreas, con una producción de 17,241,688 racimos para el 2000. Genera más de 20,000 empleos directos e indirectos. El país produce banano para el mercado local y exportación. El consumo nacional *per cápita* es de 147.5 gramos por día. El principal mercado de exportación es el europeo. En el 2002 se exportaron 77,853,690 kg, con un valor de US\$22,159,440 hacia este destino (CEDOPEX 2003). El banano se cultiva en el país bajo los sistemas de producción convencional y orgánico. A mediados de la década de los 90 se incrementa la demanda del banano orgánico, y los productores nacionales aprovechan esta oportunidad, aumentando las áreas de producción bajo este sistema. Un aspecto técnico importante para producir bananos es el sistema y la distancia de siembra a utilizar. Estos factores afectan directamente los rendimientos y la calidad del fruto. En el país, el sistema tradicional es de hileras simples con densidades de 1,600 a 3,200 plantas por hectárea. Sin embargo, Soto (1985) refiere que el doble surco es la mejor opción para los clones del tipo Cavendish. Belalcázar y Cayón (1994) sostienen que los rendimientos en los sistemas de alta densidad pueden superar hasta en un 100% los sistemas tradicionales de plátanos. En la década de los 30, en América Central las distancias de siembra recomendadas para el clon de banano Gros Michel fueron de 4.87 por 4.87 metros (422 plantas/ha). En las primeras etapas de transición a Cavendish, en los años 60 las densidades de población eran de alrededor de 1,374 plantas por hectárea, en los años 70 las fueron incrementadas (Stover 1987). Añez (1991) señala que las poblaciones podrían ser aumentadas hasta el punto

donde la competencia de la última planta adicionada no afecte los rendimientos. Belalcázar (1991) concluye que las distancias de plantación influyen en los componentes de desarrollo y producción de plátano (*Musa* AAB). El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de diferentes sistemas y distancias de siembra en el comportamiento del cultivo de banano.

MATERIALES Y METODOS. El trabajo se realizó en el período noviembre 2001 a abril 2003, en la Estación Experimental Palo Verde, Montecristi, República Dominicana (19° 45' N y 71° 27' O). Está ubicada en la zona de bosque seco subtropical, altitud de 13 msnm, con precipitación media anual de 672 mm y temperatura media de 26.4 °C. Según FAO (1974) el orden del suelo es Aridisol.

Se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas con seis tratamientos y tres repeticiones. La parcela principal fue el sistema de siembra (hileras simples y dobles). La distancia entre hileras simples fue de 2.5 m.

La distancia en las calles entre doble hileras fue de 4.0 y de 1.0 m entre las hileras. La subparcela fue la distancia entre plantas (1.0, 1.5 y 2.0 m). La descripción de los tratamientos se muestra en la Tabla 2. Las parcelas experimentales fueron de cuatro hileras de 12 m de longitud. La unidad útil fue de 8 plantas ubicadas en las dos hileras centrales.

Tabla 2. Descripción de los tratamientos

Las variables medidas fueron altura de planta (cm), perímetro del pseudotallo (cm), peso del racimo (kg), número de manos por racimo, número de dedos de la tercera mano, longitud (cm) y diámetro (cm) del dedo central de la tercera mano. El clon utilizado fue el Gran enano, grupo AAA, subgrupo Cavendish. Las plantas fueron producidas bajo sombra controlada, utilizando cormos de 300 a 500 g. Se trasplantaron en etapa de tres a cuatro hojas. La preparación del suelo se realizó con tractor, mediante dos pases de rastra y surqueo. El riego se realizó a una frecuencia de 10 días. Se enmendó el suelo con Compost a dosis de 454 g/planta. La primera aplicación se realizó 45 días después de la siembra y luego cada dos meses. El control de malezas se hizo manual. Se aplicó sulfato de cobre (2 Kg/ha) para el control de Sigatoka negra. Se realizó deshierbe a los cinco meses después de la siembra. A partir de ahí, se realizaron deshierbes y deshojes de sanidad cada tres meses. Se colocaron bolsas para la protección del racimo y se encintó semanalmente a partir de la salida de las primeras manzanas. Se apuntalaron las plantas a partir 30 días de salida la inflorescencia, utilizando puntales rígidos de bambú, colocados en forma de "V" invertida. La cosecha se inició a los 11 meses.

CONCLUSIONES. En el sistema de hileras dobles, el peso de los racimos es superior que en el sistema hileras simples. En el sistema de hileras dobles, la distancia entre plantas de 1.5 m es la más adecuada. Esta distancia permite una alta densidad (2,666 Ptas./ha) sin afectar significativamente el peso de racimo, longitud y diámetro del fruto.

En el sistema de hileras simples, la distancia entre plantas de 2.0 m es la más adecuada. En este sistema cuando la distancia entre plantas se reduce a 1.5 m se afecta significativamente peso de racimo, longitud y diámetro del fruto.

Para la altura de las plantas se detectó diferencias entre los sistemas y distancias entre plantas. La mayor altura de planta correspondió al sistema de hileras simples, a las menores distancias de siembra. Para el perímetro del pseudotallo no se detectó diferencias entre los sistemas de hileras simples y dobles.

BIBLIOGRAFIA.

1. Belalcázar, CS. 1991. Estudios sobre densidades de población. Generación de tecnología para el cultivo de plátano en las zonas cafeteras de Colombia. Armenia, Colombia. 376 p.
2. Belalcázar, CS; Cayón, G. 1994. Cultivo en altas densidades, una nueva opción (en línea). Consultado el 7 ago. 2003. Disponible en <http://www.inibap.catie.co.cr>.
3. Soto, M. 1985. Bananos, cultivo y comercialización. Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica. 514 p.
4. Stover, RH. 1987. Bananas. Jhon Wiley and Sons, New York, E.U.A. 318 p.

⁶Investigador Programa de Musáceas del IDIAF

²Encargado Programa de Musáceas del IDIAF
gventura@idiaf.org.do, rjimenez@idiaf.org.do



RIOZÓSFERA, NUTRICIÓN Y RIEGO
RIZOSPHERE, NUTRITION AND IRRIGATION

DIAGNOSTICO Y RECOMENDACIÓN NUTRICIONAL Y DE RIEGO PARA BANANO EN EL TROPICO SECO

Orozco, R, J; Orozco, S, M. y Pérez, Z, O.

La producción de bananos y plátanos es una de las actividades más importantes de la fruticultura mexicana genera alrededor de 100 mil empleos directos en el campo y otros 150 mil empleos indirectos. (SAGARPA, 2003), y se producen más de 2.2 millones de toneladas de fruta, de las cuales el 95% se destina al consumo nacional. En México se cultivan 77,301 hectáreas de bananos y plátanos de las cuales el 32.1% el sistema de producción es con riego y el 67.8% en condiciones de temporal, en las áreas irrigadas el rendimiento promedio es de 35 TM/hectárea/año y aportan el 43% de la producción nacional, en tanto que las superficies de temporal aportan el otro 57% con rendimientos promedio de 22.8 TM/hectárea/año. Sin embargo, las áreas productoras de banano en México tienen un potencial de producción superior a las 80 TM/año. Estos bajos rendimientos promedio se deben en gran parte a la inadecuada aplicación de las prácticas de cultivo. En el trópico seco las principales prácticas de cultivo son: Control de la Sigatoka negra, Riego y Fertilización, de manera general estas se efectúan en forma empírica, extrapolando recomendación de otras regiones diferentes y con otras necesidades por lo que no se obtienen los resultados esperados y si gastos infructuosos, el 75% de los costos de producción se utilizan en estas practicas. El Inifap en el trópico seco ha generado tecnología de diagnostico nutricional y de prácticas de riego con la finalidad de optimizar estos recursos. Para el diagnostico se considera la productividad del terreno mediante una descripción y análisis del suelo para determinar las deficiencias y excesos, así mismo se adecuo el método de diagnostico DRIS determinando los índices para el banano y mediante el análisis foliar determinar el orden de requerimiento de los nutrientes por las plantas de banano.

Valores de referencia para el cálculo de los índices DRIS para plátano.

	S	C.V.	MEDIA
N/Fe	49.4979	29.2	169.1
N/Mn	55.8586	35.9	8.071
P/N	0.02559	35.9	0.071
K/Fe	44.3138	44.7	99.1
K/Mn	40.9967	47.6	86.2
Fe/P	0.05056	49.3	0.10
Fe/K	0.00922	68.8	0.014
Mn/Fe	0.52343	41.1	1.27
Ca/K	0.5860	49.7	1.18
Mg/Mn	16.9393	42.05	40.28

En forma general para el pacifico centro de México se recomienda la dosis de fertilización de 200-75 -150 Kilogramos/ ha/año de N-P-K respectivamente, siempre y cuando se efectuó una buena aplicación como es que el fertilizante se coloque a 20cm de profundidad, se tape y exista humedad en el suelo.

Respecto a los riegos, en evaluaciones realizadas el mejor sistema para el cultivo, es el de goteo que permite proporcionar el agua en la cantidad y momento en que es requerida por la planta, Además, se optimizan otras practicas de cultivo como la

fertilización que se puede hacer mediante este sistema teniéndose un ahorro sustancial, por otro lado este sistema reduce grandemente la presencia de la Sigatoka negra en el periodo de secas a tal grado que no es necesario su control en esta época.

Para que exista un buen aprovechamiento de l fertilizante y del agua es necesario que en el suelo exista una buena actividad microbiológica y que las plantas estén micorrizadas, el cultivo de banano responde bien a la simbiosis Raíz-Hongo de tal manera que con la presencia de esta simbiosis se reduce la cantidad de fertilizante aplicar ya que se aprovecha el total que tiene el suelo al existir una mayor exploración de este por los Hongos micorrizicos.

HONGO	Ton/ha	Peso Racimo
Azospirillum	57.6	32
Micorriza (MVA)	54.0	30
Asospirillum + Micorriza	63.0	35
Testigo	48.0	27

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA INTERPRETACIÓN DE LOS ANÁLISIS DE SUELOS Y HOJAS, EN EL PLÁTANO HARTÓN

METHODOLOGICAL PROPOSAL FOR INTERPRETATION OF THE YIELD'S RELATED HORN PLANTAIN TISSUE AND SOIL ANALYSIS

Rodríguez P, V.¹, E. Malavolta², A. Sánchez¹, O. Lavoranti³ y O. Rodríguez¹.

SUMMARY. The objective of this research was to develop a methodology that simultaneously allowed to interpret the nutritional balance of the Horn plantain tissue and soil analysis in relationship with yield by using a multivariate analysis. The South of Maracaibo lake flood plains, Venezuela, was the area of study. Using the Stepwise method, regression model with all the lineal combinations among the analyzed variables was established for yield estimation.

INTRODUCCION. El análisis de los componentes principales propuesto por Holland (1966), transforma el conjunto de datos observados o variables a estudiar, dentro de otros conjuntos, con relevantes propiedades. El objetivo de este trabajo fue desarrollar, mediante el análisis multivariado, una metodología que permitiese interpretar simultáneamente el balance nutricional del suelo y la hoja, asociado con el rendimiento, en el cultivo del plátano cv Hartón

MATERIALES Y MÉTODOS. El área de estudio esta ubicada en las plantaciones del sur del Lago de Maracaibo, Venezuela. Las muestras foliares fueron retiradas de la plantación de acuerdo a la MEIR, mientras que simultáneamente, también se retiraron sobre la banda de fertilización las muestras de suelos a dos profundidades 0-20 cm y 21-40 cm. El tamaño de la muestra, se basó en 30 unidades (Delvaux et al., 1986), por finca seleccionada. El rendimiento se cuantificó en kilogramos por racimo. Del análisis multivariado, se aplicó el análisis de regresión por componentes principales de acuerdo a los resultados de Rodríguez, (2003). Luego, con el modelo establecido, se estimó el rendimiento y se construyeron los rangos del rendimiento.

RESULTADOS. En total 222 muestras, fueron retiradas de 4 fincas, durante dos años consecutivos. Con las variables estudiadas se determinó un modelo asociado con el rendimiento con una bondad de ajuste, significativa del 51,98 % (r^2), con normalidad de los residuos. El modelo permitió evaluar simultáneamente, el balance de suelos y hojas asociados con diferentes rangos del rendimiento (cuadro 1).

CONCLUSIÓN. La mencionada asociación, entre el balance y el rendimiento, permite la interpretación de los análisis de suelos y hojas y la estimación del rendimiento.

BIBLIOGRAFÍA.

- Holland, D.A. 1966. Journal of Hort. Science 41:311-329.
- Delvaux, B.; Lassoudiere, A.; Perrier, X. y Marchal, J. 1986. Fruits 1 (6):359-370
- Rodríguez, V. J. 2003. Avaliação do estado nutricional e da fertilidade do solo na cultura do plátano (Musa AAB subgrupo platano cv. Hartón). Esc. Sup. de Ag. "Luiz de Queiroz", Univ. de São Paulo: Piracicaba, Brasil. D.Sc. Thesis, 69 pp

Cuadro 1. Balance nutricional del suelo y hoja, por rangos del rendimiento.

Variables	Rangos en kg racimo ⁻¹			
	10,96 – 13,92	14,00 – 17,90	18,00 – 19,90	> 20 kg
pH ₀₋₄₀	6,62	6,68	6,56	6,64
CE ₀₋₂₀ (dS m ⁻¹)	0,302	0,313	0,404	0,417
CE ₂₁₋₄₀ (dS m ⁻¹)	0,240	0,264	0,311	0,404
MO ₀₋₂₀ (g kg ⁻¹)	13,80	16,5	16,9	19,4
MO ₂₁₋₄₀ (g kg ⁻¹)	8,8	10,7	11,2	13,8
a ₀₋₄₀ (%)	16,42	20,75	28,86	25,68
L ₀₋₄₀ (%)	62,11	59,15	54,34	56,31
A ₀₋₂₀ (%)	22,22	20,94	16,89	17,19
A ₂₁₋₄₀ (%)	20,58	18,69	15,83	17,41
P ₀₋₂₀ (mg dm ⁻³)	13,35	19,20	20,38	14,23
P ₂₁₋₄₀ (mg dm ⁻³)	8,87	12,03	13,19	17,17
K ₀₋₄₀ (mmol _c dm ⁻³)	0,913	1,16	1,15	1,36
Ca ₀₋₄₀ (mmol _c dm ⁻³)	84,15	97,90	124,49	137,92
Mg ₀₋₂₀ (mmol _c dm ⁻³)	15,59	17,13	15,63	15,25
Mg ₂₁₋₄₀ (mmol _c dm ⁻³)	12,45	13,71	13,19	13,57
S ₀₋₄₀ (mg dm ⁻³)	202,4	92,16	344,95	468,54
B ₀₋₂₀ (mg dm ⁻³)	0,19	0,24	0,21	0,13
B ₂₁₋₄₀ (mg dm ⁻³)	0,15	0,17	0,18	0,08
Cu ₀₋₂₀ (mg dm ⁻³)	1,76	1,69	1,64	1,64
Cu ₂₁₋₄₀ (mg dm ⁻³)	1,30	1,28	1,18	1,74
Fe ₀₋₂₀ (mg dm ⁻³)	61,15	50,96	66,27	64,54
Fe ₂₁₋₄₀ (mg dm ⁻³)	40,97	37,47	49,37	32,89
Mn ₀₋₂₀ (mg dm ⁻³)	9,78	8,51	7,20	10,82
Mn ₂₁₋₄₀ (mg dm ⁻³)	7,42	5,99	5,27	6,38
Zn ₀₋₂₀ (mg dm ⁻³)	1,16	1,44	1,70	3,28
Zn ₂₁₋₄₀ (mg dm ⁻³)	0,78	0,91	0,93	2,03
N (g kg ⁻¹)	25,5	25,7	28,2	27,1
P (g kg ⁻¹)	1,95	1,88	2,10	2,06
K (g kg ⁻¹)	44,4	41,9	39,4	42,8
Ca (g kg ⁻¹)	7,76	6,83	5,87	5,23
Mg (g kg ⁻¹)	3,06	2,87	2,57	2,51
S(g kg ⁻¹)	2,97	2,11	1,57	1,48
B (mg kg ⁻¹)	8,89	10,03	13,92	15,45
Cu (mg kg ⁻¹)	8,71	8,35	8,17	8,71
Fe(mg kg ⁻¹)	38,58	52,57	60,10	68,59
Mn(mg kg ⁻¹)	74,54	65,35	70,94	66,07
Zn (mg kg ⁻¹)	23,54	17,3	13,42	10,43
Mo (mg kg ⁻¹)	1,27	1,52	1,63	1,13
Na(mg kg ⁻¹)	560	610	510	480

¹Dpt. de Fitotecnia, D. de Agronomía, UCLA.. Apdo. 400 Barqto. 3001 Venezuela. e-mail: vianelr@ucla.edu.ve
aymaras@ucla.edu.ve orodrigu@telcel.net.ve

² Universidade de São Paulo. CENA. Av. Centenario, 303. Caixa Postal 96. CEP 13400-970. Piracicaba, S. P., Brasil. e-mail: mala@cena.usp.br

³Est. da Ribeira km 111 CEP 83411-000 Colombo – PR, Brasil. e-mail:osmir@cnpf.embrapa.br

PROPUESTA METODOLOGICA, PARA ANALIZAR DATOS PROVENIENTES DE BAJOS NIVELES DE MUESTREO EN PLATANO HARTON

METHODOLOGICAL PROPOSAL FOR ANALYZING DATA FROM LOW SAMPLING LEVELS IN THE HORN PLANTAIN CROP

Rodríguez P, V.¹

SUMMARY. The objective from the current research was to propose a methodology that allows to conveniently analyze data coming from a reduced number of soil and leaves samples from the horn plantain crop, grown on the south of Maracaibo lake, Venezuela region. The foliar sample were picked up from the "mother" plant according rules from the International sampling reference method (MEIR), the soil samples were taken from the fertilizing band, front to the lateral sprout at two depths as : 0-20 cm and 21-40 cm. For different ranks of soil textural classes, only the randomized stratified sample was the one able to identify similarities on foliar nutritional content, even in soils with different level content of nutrients.

INTRODUCCIÓN. Usando técnicas particulares de muestreo, un área puede ser evaluada estimando el nivel medio de cada nutriente y la dispersión (varianza) de toda el área. El objetivo fue proponer una metodología que permita analizar convenientemente los datos provenientes de un reducido numero de muestras de suelos y hojas en el cultivo del plátano Hartón, Sur del Lago de Maracaibo, Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se tomo la muestra foliar en la planta "madre", de acuerdo a la normativa establecida por el Muestreo Internacional de Referencia (MEIR). Por su parte, la muestra de suelos se tomó sobre la franja de fertilización, al frente del brote lateral "hijo" y a dos profundidades: 0-20 cm y 21-40 cm. Definiendo el tamaño de la muestra, mediante la técnica completamente al azar y estratificada. Para la primera, se utilizo el banco de datos que sirvió para determinar las normas DRIS para el cultivo del plátano Hartón por Rodríguez y Rodríguez (1997). A partir de ese banco se procedió a dimensionar el nuevo número de muestreos, siendo calculadas con las formula de muestreo completamente al azar y para la muestra estratificada aleatoria, 30 muestras se retiraron (Delvaux, et al., 1986) de la serie de suelos que presento los promedios de mas altos rendimientos en el sector río Mucujepe- río Escalante.

RESULTADOS. Al dimensionar el tamaño de la muestra, mediante la técnica de completamente al azar, los resultados fueron disímiles, necesiándose con la precisión 95% de probabilidad, un número de 707 unidades para garantizar la representatividad de todos los nutrientes, lo que motivó a descartarla como técnica a proponer. Mientras que la muestra estratificada aleatoria permitió identificar, la semejanza del contenido nutricional foliar (Cuadro 1), en diferentes rangos de texturas del suelos (F-FL y FL-L) (Cuadro 2) y diferencias en la concentración de los nutrientes en los suelos estudiados.

CONCLUSIÓN. La muestra estratificada se presento como una alternativa, rápida, segura y estadísticamente valida para muestreos de bajo nivel.

BIBLIOGRAFIA.

1. Delvaux, B.; Lassoudiere, A.; Perrier, X.; Marchal, J. 1986. Fruits, 41:359-370.
2. Lahav, E.; Turner, D. W. 1983. Fertilising for high tiel banana. IPI-Bulletin 7. International Potash Institute, Berne/ Switzerland. 62p.

3. Rodríguez, V.; Rodríguez, O. 1997. Rev. Fac. Agron. LUZ. 14:285-296.

Cuadro 1. Medias aritméticas de los nutrientes foliares, en los bancos F-FL y FL-L, en la sub-población con menos (<15) y mas (>15) de 15 kg/racimo y valores de referencias de la literatura.

Texturas		F-FL	literatura				
			Texturas		FL-L		
< 15		> 15	<15		>15	Banano ⁽²⁾	Plátano ⁽³⁾
N ⁽¹⁾	26,4	25,5	N	25,3	25,6	26	25-29
P	1,9	1,89	P	2,1	1,86	2	1,8-2,4
K	41,2	41,2	K	43,9	42,1	30	38-51
Ca	7,0	6,1	Ca	6,3	6,5	5	7-12,2
Mg	2,8	2,4	Mg	3,1	2,7	3	2,4-3,8
S	2,3	1,91	S	2,5	1,97	2,3	-----
Cu	7,94	8,28	Cu	8,97	8,63	9	9,28-16,7
Fe	59,3	68,9	Fe	59,6	72,9	80	65,3-101,7
Mn	102,7	84,5	Mn	73,97	69,1	25	87,8-181,8
Zn	19,7	15,4	Zn	19,47	20,8	18	17,4-37,8

- (1) N, P, K, Ca, Mg y S en g kg⁻¹ y Cu, Fe, Mn y Zn en mg kg⁻¹.
- (2) Lahav y Turner, 1983.
- (3) Rodríguez y Rodríguez, 1997.

Cuadro 2. Medias aritméticas de las variables del suelo, en los bancos F-FL y FL-L, en la sub-población de menos (<15) y mas (>15) de 15 kg/racimo.

F - FL			FL - L		
	< 15	> 15		< 15	> 15
	0 - 40 cm			0 - 40 cm	
pH	5,59	6,37	pH	6,10	6,30
C.E. (dS m ⁻¹)	0,24	0,334	C.E. (dS m ⁻¹)	0,304	0,44
Ca (mg kg ⁻¹)	1172,5	1299,9	Ca (mg kg ⁻¹)	2428,9	2372,60
Mg (mg kg ⁻¹)	148,0	166,80	Mg (mg kg ⁻¹)	168,8	150,9
P (mg kg ⁻¹)	22,40	16,50			
K (mg kg ⁻¹)	49,69	44,70			
	0 - 20cm			0 - 20 cm	
M.O. (%)	1,32		M.O. (%)	1,25	1,69
	1,22		P (mg kg ⁻¹)	10,01	11,1
			K (mg kg ⁻¹)	38,81	50,6
	21 - 40cm			21 - 40cm	
M.O. (%)	0,81		M.O. (%)	0,86	0,82
	0,87		P (mg kg ⁻¹)	6,09	5,31
			K (mg kg ⁻¹)	29,27	35,28

¹Dpt. de Fitotecnia, D. de Agronomía, UCLA.. Apdo. 400 Barquisimeto. 3001 Venezuela. e-mail: vianelr@ucla.edu.ve

BALANCE NUTRICIONAL Y NÚMERO DE HOJAS COMO VARIABLES DE PREDICCIÓN DEL RENDIMIENTO DEL PLÁTANO HARTON

NUTRITIONAL BALANCE AND NUMBER OF LEAVES AS VARIABLES FOR YIELD PREDICTION OF THE HARTON PLANTAIN

Rodríguez P, V.¹, A. da Silva¹, O. Rodríguez¹.

SUMMARY. A regression equation for estimation of yield of the Harton plantain (*Musa* AAB subgroup platano cv. Harton) was developed. The equation establishes the relationship between nutritional variables and the number of leaves of the plant with yield. In the equation, the nutritional variables are represented by the content and balance of nutrients in leaves, expressed through the DRIS Nutrient Balance Indexes (DRIS-NBI). The regression equation developed is: $Y = 30,351 - \log 8,644 X_1 + 0,27502 X_2$, which obtained an adjustment level (R^2) of 0,6206***, which is highly significant. In this equation, Y represents yield. The DRIS-NBI's correspond to the term X_1 . The DRIS-NBI's could be estimated by using results of tissue analysis. Estimation of X_1 could be mathematic or by the use of a program sheet developed in Microsoft Excel. X_2 corresponds to the number of leaves. By introducing X_1 and X_2 in the developed equation, the potential yield of any Harton plantain plantation could be predicted.

INTRODUCCIÓN. Rodríguez et al. (1999b), reportaron una ecuación que integra el estatus nutricional con el rendimiento, esa ecuación no incluía el contenido de Boro ni el número de hojas. En el presente trabajo, se definió el objetivo siguiente: Establecer una ecuación de regresión múltiple que permita estimar el rendimiento del plátano Hartón en función de:

* Los Índices de Balance de los Nutrientes (IBN-DRIS) de los elementos N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn y Zn.

* La variable biométrica, número de hojas de la planta madre.

MATERIALES Y MÉTODOS. Definición esquemática de las fases del trabajo.

Fase de campo.

1. Fueron seleccionadas las zonas de mayor área de producción del plátano Hartón en Venezuela, por lo cual el universo de estudio y muestreo estuvo formado por las áreas de cultivo de los estados Zulia, Mérida y Yaracuy.

2. Se seleccionó como unidad experimental la planta madre, según la normativa establecida por el Muestreo Internacional de Referencia (M.E.I.R) (Martín-Prevel, P. 1980a,b). A las plantas seleccionadas les fue contado el número de hojas activas presentes y posteriormente, los racimos fueron pesados.

Fase de cálculo.

La Metodología utilizada para el desarrollo de los IBN-DRIS en el plátano Hartón, consistió de tres etapas:

1. Cálculo de la norma DRIS para el elemento B sobre la base del trabajo de Beaufils (1973).

2. Cálculo en cada muestra foliar del Índice de Diagnóstico DRIS (IN-DRIS) para cada uno de los nutrientes y del Índice de Balance de los Nutrientes DRIS (IBN-DRIS).

3. Finalmente se procedió a analizar los datos experimentales mediante el análisis de regresión múltiple y estadística descriptiva con el programa SAS, con lo cual pudo definirse el modelo de regresión múltiple a analizar.

RESULTADOS. Se muestrearon 398 unidades muestrales, constituidas por plantas cuyos racimos pesaron entre los 11 y los 24 kg.racimo⁻¹, siendo la media de esta subpoblación, 16,2 kg.racimo⁻¹. La relación funcional que existió entre el rendimiento y las variables indicadas, quedó establecida a través de la ecuación de regresión múltiple siguiente: $Y = 30,351 - 8,644 \log X_1 + 0,27502 X_2$

Esa ecuación presenta una bondad de ajuste (R^2) de 0,6206***, valor altamente significativo, lo cual indica que existe asociación entre el rendimiento y las variables de predicción incluidas en la ecuación.

CONCLUSIÓN. Se desarrolló una ecuación de regresión múltiple para la predicción del rendimiento del plátano Hartón, sobre la base del uso del contenido de los elementos nutritivos en las hojas expresados como los IBN-DRIS y el número de hojas de la planta madre al momento de floración.

Cuadro 1. Rango de valores de las variables: rendimiento del plátano Hartón (Y), índice de balance de nutrientes (IBN-DRIS), (X_1) y número de hojas de la planta madre (X_2).

	Rendimiento (kg.racimo ⁻¹)	Número de hojas	(IBN-DRIS)
Mínimo	11	7	35,01
Media	16,2359	12,4915	136,3223
Máximo	24	19	292,67

BIBLIOGRAFÍA:

1. Beaufils, E. R. 1973. Soil Science. 1:1-132.
2. Martin-Prevel, P. 1980a. Fruits. 35:503-518.
3. Martin-Prevel, P. 1980b. Fruits. 35:583-593.
4. Rodríguez, V.; Rodríguez, O.; Bautista, D.; Díaz, L. 1999a. Rev. de la Fac. Agron. 16:425-432.
5. Roduez, V.; Rodríguez, O.; Bravo, P. 1999b. Índice de Balance de Nutrimientos DRIS (IBN-DRIS) para la predicción del rendimiento del Plátano (*Musa* AAB subgrupo plátano cv. Hartón). Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia. 16:488-494.

¹Decanato de Agronomía, UCLA.. Apdo. 400 Barquisimeto. 3001 Venezuela. e-mail: vianelr@ucla.edu.ve orodrigu@telcel.net.ve

BALANCE NUTRICIONAL DE REFERENCIA DE SUELOS Y HOJAS, EN EL CULTIVO DEL PLÁTANO HARTON.

NUTRITIONAL BALANCE REFERENCE OF SOIL AND LEAVES, IN THE HORN PLANTAIN CROP.

Rodríguez P, V.¹, E. Malavolta², A. Sánchez¹, O. Lavoranti³.

SUMMARY. The objective of this research was to get soil and leaves nutritional balance reference values by using a multivariate analysis for the Horn plantain crop. The South of Maracaibo lake was the area of study. In the experimental unit, in accordance with the International Reference Sampling Method for Musaceas. Simultaneously, soil samples were taken over the fertilizing band and at two depths, as 0-20 cm and 21-40 cm. Using the Stepwise method; a regression model with lineal combinations for yield estimation was established. The obtained model showed a highly significant adjust of 51,98 % (r^2), with normality of the standard residues. Reasons for establishing those mean values as the balance nutritional reference values are because such means simultaneously evaluate both the physical and chemical soil properties and the nutritional plant state significantly associated with the mean expected yield.

INTRODUCCIÓN. El objetivo de este trabajo, fue establecer el balance nutricional de referencia mediante el análisis multivariado, para interpretar los análisis de suelos y de hojas en el cultivo del plátano Harton, Sur del Lago de Maracaibo, Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS.

I. Estratificación. Para definir el área de muestreo, se establecieron estratos de muestreos de acuerdo con las series de suelos que caracterizan al sector río Mucujepe-Escalante, Sur del lago de Maracaibo, Venezuela.

II. Muestreo. Se retiró la muestra foliar de acuerdo a la normativa establecida por el Método de Muestreo Internacional de Referencia (MEIR), y simultáneamente, la muestra de suelos sobre la banda de fertilización, al frente del "hijo" o brote lateral, a dos profundidades: 0 – 20 cm y 21- 40 cm. El tamaño de la muestra, se basó en 30 unidades.

III. Análisis estadístico. Fue establecido un modelo de regresión del rendimiento con las combinaciones lineales por el método paso a paso.

IV. Determinación del balance nutricional de referencia. Se separaron las plantas con rendimientos estimados de mas y menos de 18 kg racimo⁻¹ (Rodríguez, et al., 1999)

RESULTADOS. De los 26 componentes principales no correlacionados, solamente 4 resultaron estar asociadas con el rendimiento. En el Cuadro 1, se observan los resultados de la separación de la subpoblación en plantas con rendimientos estimados y a su vez, las medias de las variables estudiadas.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Rodríguez, V.; Rodríguez, O.; Bautista, D.; Díaz, L. 1999. Rev. Fac. de Agron. LUZ. 16:425-432.

Cuadro 1. Medias aritméticas de las variables de suelo, hojas y rendimiento.

Variables	10,96 – 17,9 kg racimo ⁻¹	> 18 kg racimo ⁻¹
pH ₀₋₄₀	6,66	6,59
CE ₀₋₂₀ (dS m ⁻¹)	0,309	0,408
CE ₂₁₋₄₀ (dS m ⁻¹)	0,255	0,336
MO ₀₋₂₀ (g kg ⁻¹)	15,5	16,96
MO ₂₁₋₄₀ (g kg ⁻¹)	10,1	12,01
P ₀₋₂₀ (mg dm ⁻³)	16,78	18,35
P ₂₁₋₄₀ (mg dm ⁻³)	10,75	14,27
K ₀₋₄₀ (mmol _c dm ⁻³)	1,058	1,21
Ca ₀₋₄₀ (mmol _c dm ⁻³)	87,89	111,44
Mg ₀₋₂₀ (mmol _c dm ⁻³)	16,54	15,52
Mg ₂₁₋₄₀ (mmol _c dm ⁻³)	13,22	13,30
S ₀₋₄₀ (mg dm ⁻³)	212,83	249,91
a ₀₋₄₀ (%)	19,12	27,92
L ₀₋₄₀ (%)	60,26	54,92
A ₀₋₂₀ (%)	21,42	16,98
A ₂₁₋₄₀ (%)	19,39	16,29
B ₀₋₂₀ (mg dm ⁻³)	0,187	0,207
B ₂₁₋₄₀ (mg dm ⁻³)	0,151	0,155
Cu ₀₋₂₀ (mg dm ⁻³)	1,72	1,64
Cu ₂₁₋₄₀ (mg dm ⁻³)	1,29	1,32
Fe ₀₋₂₀ (mg dm ⁻³)	54,78	65,75
Fe ₂₁₋₄₀ (mg dm ⁻³)	38,78	44,48
Mn ₀₋₂₀ (mg dm ⁻³)	8,97	8,11
Mn ₂₁₋₄₀ (mg dm ⁻³)	6,48	5,57
Zn ₀₋₂₀ (mg dm ⁻³)	1,33	2,05
Zn ₂₁₋₄₀ (mg dm ⁻³)	0,86	1,16
N (g kg ⁻¹)	25,6	27,9
P (g kg ⁻¹)	1,91	2,09
K (g kg ⁻¹)	42,89	40,45
Ca (g kg ⁻¹)	7,16	5,67
Mg (g kg ⁻¹)	2,94	2,68
S (g kg ⁻¹)	2,4	1,50
B (mg kg ⁻¹)	9,08	12,21
Cu (mg kg ⁻¹)	8,49	8,33
Fe (mg kg ⁻¹)	46,65	62,47
Mn (mg kg ⁻¹)	68,64	69,46
Zn (mg kg ⁻¹)	19,27	12,40
Mo (mg kg ⁻¹)	1,313	1,428
Na (mg kg ⁻¹)	590	490
Rendimiento (kg racimo ⁻¹)	14,82	19,87

¹Dpt. de Fitotecnia, D. de Agronomía, UCLA.. Apdo. 400 Barqto. 3001 Venezuela. e-mail: vianelr@ucla.edu.ve
aymaras@ucla.edu.ve orodrigu@telcel.net.ve

² Universidade de São Paulo. CENA. Av. Centenario, 303. Caixa Postal 96. CEP 13400-970. Piracicaba, S. P., Brasil. e-mail: mala@cena.usp.br

³Est. da Ribeira km 111 CEP 83411-000 Colombo – PR, Brasil. e-mail:osmir@cnpf.embrapa.br

RELACIÓN DEL DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL Y LA PRODUCCIÓN BANANERA EN LA ZONA DE URABÁ COLOMBIA

RELATION OF NUTRITIONAL DIAGNOSTIC AND BANANAS PLANTATIONS PRODUCTION IN URABÁ COLOMBIA

Maria Isabel Hernández-Pérez¹¹, John Jairo Mira-Castillo² y Enrique Martínez Bustamante³.

SUMMARY. The nutritional contents in third leaf of banana plants, no explain adequately the productive performance of bananas plantations of Urabá Colombia. Despite that levels founded are similar to international contents recommended to in Latin American banana crops to obtain high productions.

INTRODUCCIÓN. En Urabá la principal zona productora de banano de exportación de Colombia, se han observado cada vez más irregularidades en la producción de los últimos años. Dentro de las causas que contribuyen a esta problemática se encuentra la diferencia que existe entre el diagnóstico nutricional que es utilizado como base de las recomendaciones y la respuesta productiva de las plantaciones. En la investigación se hizo una descripción del comportamiento en cuanto al vigor y producción y su relación con el diagnóstico nutricional a partir del análisis de suelo y hoja.

MATERIALES Y METODOS. En la zona bananera de Urabá en el noroccidente Colombiano se seleccionaron dos fincas comerciales en cada una de las cuales se ubicaron los lotes con la mayor y menor producción histórica. En cada lote fueron seleccionadas 20 plantas de banano cv Gran Enano de aproximadamente 1 mt de altura, sobre las cuales se registraron, con una periodicidad mensual, la altura, el diámetro del pseudotallo a 1 mt del suelo, la tasa de emisión foliar, el área de la tercera hoja, el área foliar específica al momento de la floración, los niveles de extracción de nutrientes en la tercera hoja a la floración y el peso de racimo, grado y largo de un dedo central de la segunda mano en el momento de la cosecha. Se comparó cada variable entre los lotes de alta y baja producción. Al momento de la floración se realizó un análisis foliar y edáfico para conocer los contenidos de nutrientes. Adicionalmente se sembraron dos parcelas experimentales de 150 plantas cada una en la misma condición que las comerciales, en las cuales se determinó las variables anteriores a una subparcela central de 20 plantas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. Al comparar el vigor de las plantas, en lotes de alta (AP) y baja producción (BP), se encontró que, en las áreas históricamente más productivas hubo un mayor y más rápido desarrollo y las variables de producción fueron estadísticamente superiores (Tabla 1). Sin embargo solo en la finca Centro (parcela experimental) se presentó correlación entre los niveles de extracción por la tercera hoja, la altura de la planta y la producción ($R^2=0.87$), lo que no ocurrió en las del norte y sur ($R^2=0.21$ y 0.20 respectivamente); Así mismo, al analizar la respuesta de las plantas desde el punto de vista del diagnóstico nutricional se encontró que los niveles de los nutrimentos en el follaje, son similares entre lotes de AP y BP para las tres fincas, los cuales a su vez son cercanos a los reportados por Lahav y Turner (1992) (Tabla 2).

De otro lado, las relaciones entre K, Ca y Mg, de acuerdo con López y Espinosa (1995), que para lograr altas producciones, deben mostrar valores relativos entre 55-61%, 20-27% y 18-20% respectivamente, en nuestro caso fueron de 80%, 15% y 4,6% para el lote de mejor producción histórica y que, durante la

investigación alcanzo cerca de 70 ton. ha⁻¹ año⁻¹ (con peso promedio de racimos de 33,71 kg). Lo anterior justifica adelantar investigaciones tendientes a encontrar los niveles críticos de referencia para la zona de Urabá, así como determinar la influencia de las condiciones físicas de los suelos en el desempeño productivo de las plantaciones.

Tabla 1: Variables de vigor (altura y diámetro) y producción para las parcelas evaluadas.

FINCAS	PRODUCCIÓN	DIAMETRO		PESO RACIMO (kg)
		ALTURA PLANTA (m)	PSEUDOTALLO (m)	
NORTE	AP	3,09 a	0,23 a	33,71 a
	BP	2,9 b	0,22 b	26,36 b
SUR	AP	2,54 c	0,21 b c	19,72 c d
	BP	2,37 d	0,2 c	18,52 d e
CENTRO	AP	2,37 d	0,17 d	22,97 b c
	BP	1,91 e	0,13 e	15,22 e

Valores con letras diferentes corresponden a diferencias significativas ($P=0.0001$) según anava y prueba Duncan.

En general los valores críticos utilizados comúnmente para hacer recomendaciones son inferiores a los contenidos de nutrientes en los suelos de las áreas analizadas en este trabajo (tabla 2), lo que podría llevar a los técnicos a realizar recomendaciones de nutrientes por debajo de los requerimientos del cultivo para la zona.

Tabla 2: Contenido de nutrientes en suelo y hoja de las fincas estudiadas, comparado con parámetros internacionales de referencia.

FINCAS PRODUCCIÓN			NUTRIENTES										
			N	K	Ca	Mg	P	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B
			(%)						mg/kg				
FOLIAR	Lahav y Turner (1992)		2.6	3	0.5	0.3	0.2	0.23	80	25	9	18	11
	NORTE	AP	2.41	3.63	0.68	0.21	0.11	0.17	58	144	4	13	9
		BP	2.3	3.87	0.48	0.26	0.14	0.1	94	151	4	17	10
	SUR	AP	2.66	3.32	0.55	0.17	0.12	0.12	73	584	6	21	8
		BP	2.61	3.14	0.5	0.14	0.11	0.12	85	534	5	16	8
	CENTRO	AP	2.97	3.19	0.86	0.28	0.12	0.1	64	512	6	13	7
		BP	2.92	3.72	0.72	0.28	0.14	0.15	71	468	7	15	6
				cmol(+)/kg						mg/kg			
SUELOS	Bertsch (1986)		0.2	2.2	0.8	12	-	10	5	1	3	-	
	NORTE	AP	0.84	19.2	6.1	30	11	173	4	5	4	0.2	
		BP	0.45	6.2	1.8	26	8	123	2	2	2	0.3	
	SUR	AP	1.41	16	4.9	13		170	51	6	3	0.2	
		BP	0.96	15.6	4.3	10		148	30	7	3	0.1	
	CENTRO	AP	0.2	17.7	3.5	9	2	162	7	5	1	0.1	
		BP	0.21	16	2.8	5	2	166	5	4	1	0.1	

CONCLUSIONES. Los contenidos de nutrientes en el suelo y las plantas de banano en la región de Urabá en los casos que se logran altas productividades, se alejan de los valores de referencia aceptados y utilizados hasta ahora en Colombia. El vigor de la plantación explica de buena manera el estado nutricional y productivo de las plantaciones de banano en Urabá, lo que no parece ocurrir con los contenidos de nutrientes a nivel foliar.

BIBLIOGRAFÍA.

- Lahav, E. y Turner, D. 1992. Inf. Agron. (7). 71 p.
- López, A. y Espinosa, J. 1995. Manual de nut y fert del banano. 82p.

¹¹Estudiante Ing. Agronómica. U Nal. De Colombia. E-mail: mihernan@unalmed.edu.co

²Investigador Cenibanano/AUGURA. E-mail: jmira@augura.com.co

³Profesor U Nal. De Colombia. E-mail: enmartin@unalmed.edu.co

EFFECTO DEL HUMUS LIQUIDO DE LOMBRIZ (*Eisenia foetida*) EN LA PROPAGACION DE PLANTAS DE PLATANO (*Musa* *AAB*) Y BANANO (*Musa* AAA).

Martínez G¹, Tremont O², Manzanilla E¹, Pargas R¹

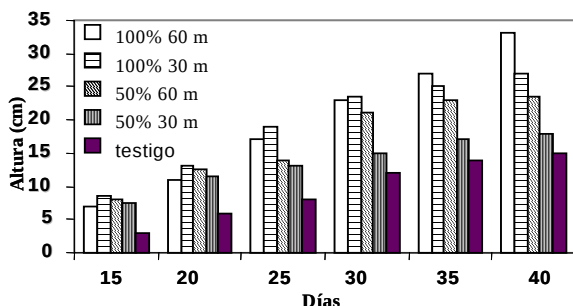
SUMMARY: To evaluate the effect of liquid humus of *Eisenia foetida*, banana corms were soaked in solutions of 100 and 50% concentration for 60 and 30 minutes. Plantain corm sections were soaked in 100% humus solution for 60 minutes. Control was soaked in water. Significant differences in growth among treatments were found.

INTRODUCCIÓN. El establecimiento en campo de plántulas uniformes de musáceas, puede evitar pérdidas hasta de 30%. Esto se logra mediante el uso de plantas 'in vitro', o la selección de cormos homogéneos de buena calidad, siendo vital suplirlos de condiciones que aseguren un crecimiento inicial rápido y uniforme (3). La fertilidad del suelo es determinante, y a través de procesos biológicos se originan minerales disponibles para las plantas (1); por lo que la inoculación de microorganismos que actúan en la rizósfera, tiene gran importancia en una agricultura ecológicamente sostenible. Al utilizar fuentes orgánicas, generalmente son aplicadas al suelo o follaje de plantas establecidas; y no como tratamiento presiembra para acondicionar material de propagación. Este trabajo tiene como objetivo, evaluar el efecto del humus líquido de Lombriz Roja Californiana *Eisenia foetida*, como tratamiento presiembra, en material de propagación de banano (*Musa* AAA) y plátano (*Musa* AAB).

MATERIALES Y METODOS. Se utilizó humus líquido de Lombriz Roja con 0,009 % de N; 0,25% de K; 8,13 ppm de Ca; 37,5 ppm de Mg; 2,9 % de Fe; 60 ppm de P; 0,45 ppm de Mn; 0,1 ppm de Cu y 0,35 ppm de Zn. Se sumergieron cormos enteros de banano cultivar 'Pineo Gigante' en soluciones de humus al 100% y 50% de concentración por períodos de 60 y 30 minutos, y secciones de cormos de plátano FHIA-21 en solución de humus al 100%, durante 60 minutos. En ambos casos el testigo fue sumergido por 60 minutos en agua. Posteriormente el material de banano fue sembrado en canteros, y a partir del día 15, después de la siembra, se evaluó cada 5 días, el número de cormos brotados y la altura de la plántula, durante 40 días; mientras que el plátano fue sembrado en bolsas, y a partir del día 38 después de la siembra, en periodos de 7 días, se evaluó altura de las plántulas hasta el día 129, y el número de hojas, hasta el día 101. El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con tres repeticiones.

RESULTADOS. En banano, se observó que la altura de plántulas en el testigo fue inferior al resto de los tratamientos, y a partir de los 30 DDS (Días Después de Siembra), el testigo y el tratamiento de 50% humus, 30 min. de inmersión, resultaron estadísticamente iguales (figura1).

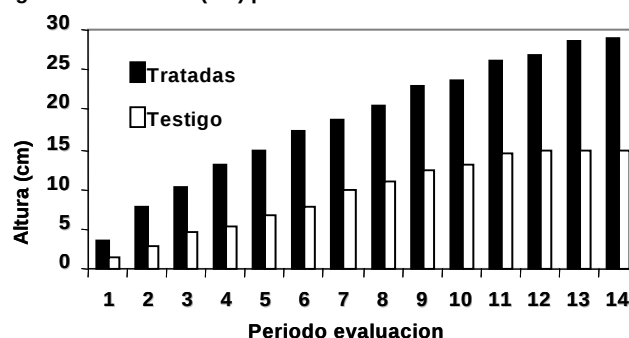
Fig.1. Altura de plántulas de banano según tratamiento



Las evaluaciones realizadas a los 15 y 20 DDS, indican que la respuesta de las plántulas a todos los tratamientos presentaron un comportamiento similar con respecto a la altura, observándose que el

tratamiento solución de humus al 100% y 60 min de inmersión presentó el menor valor, con diferencias numéricas discretas. A partir de los 25 DDS, los mayores valores corresponden a los tratamientos de solución de humus al 100% independientemente del tiempo de inmersión; resultando estadísticamente iguales a los 30 y 35 DDS, aun cuando el tratamiento de 60 min tiende a presentar mayor respuesta para este último periodo (35 DDS). A los 40 DDS, el tratamiento con 100% humus y 60 min de inmersión resultó estadísticamente superior al resto de los tratamientos. Con respecto al número de cormos brotados, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. En plátano, la altura de los brotes en las secciones tratadas con humus, constantemente presentó una tasa de crecimiento superior en comparación a las secciones sin tratar. A partir del día 115 (periodo 12) en el tratamiento sin humus, la tasa de crecimiento disminuyó, mientras que en el tratamiento con humus, se mantuvo la tendencia al aumento (figura 2).

Fig 2.- Altura media (cm) plántulas FHIA-21



En cuanto a la emisión de hojas, la tasa fue de aproximadamente una hoja por cada 7 días en ambos tratamientos, observándose que no existen diferencias significativas, aun cuando se observó diferencias numéricas y visuales. La aparición de hojas completamente abiertas, se registra en el día 45 (periodo 2) para el tratamiento con humus y para el día 57 (periodo 3) en los cormos sin tratar (datos no presentados).

CONCLUSIONES. La respuesta generada por los clones de banano y plátano, independientemente de la forma de propagación hacen evidente el efecto del humus líquido de Lombriz Roja Californiana sobre la brotación de yemas, siendo capaz de acelerar su desarrollo, y su utilización como pretratamiento a la siembra permite obtener material homogéneo, con mayor vigor en comparación con el testigo. Se desconoce su mecanismo de acción, sin embargo se puede inferir, que activa mecanismos fisiológicos en las plantas expresados a través del vigor de las mismas, por cuanto se recomienda realizar estudios al respecto.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Cepeda Rey J. 1993. Fertilización con abono orgánico. Taller Internacional Fertilidad y Nutrición en Bananos y Plátano (2: 1992. Santa Marta). Memorias. P 32-37. Colombia.
2. Fernández M., Alvarez C., Borges-Perez A. Y Borges-Rodríguez A. 1998. Bacteria-enriched inoculant enhances banana development and influences nutrition. Fruits. 53:79-87.
3. Roberts, T. 1997. Papel del fósforo y el potasio en el establecimiento de los cultivos. Instituto de la potasa y el fósforo (INPOFOS). Informaciones Agronómicas. 26: 1-4.

¹ INIA. Venezuela. E-mail: gmartinez@inia.gov.ve

² UNEFM. Venezuela.

ABONADO ORGANICO PARA INCREMENTAR RENDIMIENTOS EN BANANO *Musa spp.*

ORGANIC MATURE FOR INCREASE YIELD PRODUCTION IN BANANA.

Hector Sanabria¹¹

INTRODUCCION. El banano (*Musa spp.*), planta que se cultiva en los tropicos y subtropicos de todo el mundo, es uno de los cultivos de mas altos requerimientos nutricionales, los que se presentan a lo largo de todo el cultivo, sin diferenciarse las etapas fenologicas dado que en las plantaciones, con excepci3n de las 1reas recién sembradas (durante los primeros 9-12 meses despues de la siembra) se encuentran plantas de toda edad y en todas las etapas fenologicas.

Los requerimientos del cultivo varian segun la zona de producci3n y las experiencias locales determinando los niveles cr3ticos y las curvas de absorci3n de cada uno de los elementos nutritivos que el cultivo requiere para una alta producci3n y para obtener un fruto de buena calidad.

Este cultivo, debido a sus altos requerimientos y a la constante tasa de extracci3n de nutrientes, recibe altas cantidades de fertilizantes ricos en Nitrogeno, Fosforo, Potasio, Magnesio, Calcio, Azufre y Microelementos, los que aplicados al suelo sufren una serie de reacciones geoqu3micas que producen bloqueos y antagonismos, reduciendose por esa raz3n su disponibilidad para la correcta asimilaci3n por la planta.

Para que la asimilaci3n de los nutrientes se ejecute adecuadamente, estos deben entrar a formar parte del Complejo Arcilloso-Humico o Complejo de Cambio, en el que los elementos, tanto los aniones (-) como los cationes (+) se encuentren disponibles para que la planta pueda absorberlos segun su necesidad.

MATERIALES Y METODOS. La materia org1nica del suelo consiste en la fracci3n no-viva de componentes org1nicos presentes en el suelo. Esta materia org1nica procede de la transformaci3n de los restos org1nicos que tiene lugar mediante reacciones qu3micas o bien por la acci3n de microorganismos principalmente a3robicos.

La aplicaci3n de abonos org1nicos (restos vegetales y animales) una vez que son aplicados al suelo, sufren una serie de reacciones en un proceso de compostaci3n. El producto final de estas reacciones es el humus, que es la fracci3n de la materia org1nica que ya no puede descomponerse m1s. Lo que conocemos como humus, compuestos o sustancias h3micas est1 compuesto por Acidos H3micos, Hymatomel1nicos, Fulvicos, Grises y Marrones.

Las sustancias h3micas son compuestos de color de amarillento a negro, amorfos, muy polimerizados, con peso molecular muy elevado, naturaleza coloidal y que presentan n3cleos de car1cter arom1tico(benceno, naftaleno, furano, etc.). En estado natural todas estas sustancias est1n 3ntimamente ligadas unas con otras.

Las caracter3sticas propias del humus son:

- No se puede identificar el material vegetal o animal del que procede ya una vez se ha realizado el proceso.
- No contiene productos org1nicos como az3car, fibras, celulosa, lignina, prote3na, etc. y no se hallan en los organismos.
- No puede descomponerse m1s.

RESULTADOS Y DISCUSI3N. Los beneficios derivados del uso de Abonos Org1nicos, se logran hasta que los mismos ha sido completamente degradados y se ha transformado en Humus, y dichas funciones se agrupar3n en:

Funciones f3sicas:

- Disgregan las arcillas en suelos compactos.
- Dan coherencia en suelos arenosos y ligeros.

- Aumentan la permeabilidad del suelo.
- Aumentan la capacidad de retenci3n de agua del suelo.
- Reducen la evaporaci3n de agua.

Funciones qu3micas:

- Aumentan la capacidad de intercambio cati3nico.
- Transportan micronutrientes hasta la ra3z de la planta.
- Retienen y facilitan la absorci3n de nutrientes.
- Tienen efecto quelatante sobre el Fe, Mn, Zn y Cu.
- Reducen la salinidad al secuestrar el cati3n Na+.
- Producen CO2 por oxidaci3n y favorecen la fotos3ntesis.

Funciones biol3gicas:

- Estimulan la microflora del suelo.
- Ayudan al desarrollo de colonias microbianas.
- Favorecen la capacidad germinativa de las semillas.
- Mejoran los procesos energ3ticos de los vegetales.
- Estimulan el desarrollo radicular.
- Favorecen la s3ntesis de los 1cidos nucleicos.
- Mejoran la calidad de la planta y su fruto.
- Aumentan la producci3n de las cosechas.

CONCLUSIONES. El Humus, compuesto no bien definido qu3micamente, constituye la parte m1s cualificada de la materia org1nica. Fruto de la compostaci3n de los abonos org1nicos aplicados al suelo, mejoran las caracter3sticas f3sicas, qu3micas y biol3gicas de 3ste a la vez que equilibran la soluci3n nutritiva.

Forma humatos con los cationes del suelo, con lo que evitan la retrogradaci3n. Act3a sobre los compuestos minerales desbloqueando los elementos que los componen; fija los nutrientes aportados por los abonos disminuyendo las p3rdidas por lixiviaci3n; activa la flora microbiana aut3ctona con lo que aumenta la mineralizaci3n y fijaci3n de nitr3geno atmosf3rico y otros elementos que condicionan la fertilidad; favorecen el desarrollo del sistema radicular con lo que cada planta explora, de manera m1s eficiente, un mayor volumen de suelo; aumentan la permeabilidad celular, con lo que se facilita la absorci3n de nutrientes.

BIBLIOGRAFIA

1. K. Simpson; Abonos y Estiercoles, Editorial Acribia, 1991, Capitulo 13, Pag. 155-178.
2. Qu3mica de Suelos; Juan Manuel Cepeda; Ed. Trillas, Cap. 3; Pag. 43-64.
3. El Suelo y los Fertilizantes; Jos3 Luis Fuentes Yague; Ediciones Mundiprensa, 1999, Cap. 7, Pag. 99-106.

¹¹ Delegado T3cnico Comercial para Centroamerica, El Caribe y Pa3ses Bananeros de Atl1ntica Agr3cola S.A.; Ingeniero Agronomo.

EVALUACIÓN DE *Flemingia macrophylla*, *Gliricidia sepium*, *Piper arieianum* COMO COBERTURAS DE CANALES EN PLANTACIONES BANANERAS

EVALUATION OF *Flemingia macrophylla*, *Gliricidia sepium* AND *Piper arieianum* AS CANALS PROTECTORS OF BANANAS PLANTATIONS

Díaz Carrillo José Vicente¹, Guarín Carlos Javier², Patiño Hoyos Luis Fernando³, Montoya Londoño Miguel Ángel⁴

SUMMARY. In five banana farms in Urabá, Colombia was determined the effectivity of *F. macrophylla*, *G. sepium* y *P. arieianum* for water currents protection after aerial fumigation. *F. macrophylla* reduces agrochemicals quantity in canals in 99,1% and had natural regeneration by seed after two years, while *G. sepium* and *P. arieianum* showed a reduction of 54,1% and 94,7%, respectively.

INTRODUCCIÓN. El diseño, manejo y mantenimiento de canales en fincas bananeras es parte vital en el sostenimiento agronómico de la plantación, por la susceptibilidad que tiene el cultivo al estrés por agua. Algunas especies arbustivas especialmente las leguminosas forrajeras, han tomado auge dentro de los sistemas de producción, debido a la versatilidad de usos que poseen, en especial por su potencial como coberturas en taludes para reducir la llegada de fungicidas a las corrientes de agua, aumentar la biodiversidad en las fincas, disminuir la erosión y la pérdida de área cultivable, controlar la proliferación de especies vegetales indeseables y bajar los costos en el mantenimiento de canales de drenaje.

En la actualidad las compañías bananeras están implementando sistemas de gestión ambiental que buscan minimizar el impacto de factores antes descritos y adicionalmente ha surgido la necesidad de establecer programas con el fin de minimizar el impacto resultante de la fumigación aérea empleada en la zona de Urabá, actividad que afecta los cuerpos de agua superficiales, entre estos, las aguas que se transportan a través de los canales de drenaje (U. de A. 2001). Es así como en la zona se ha venido impulsando la siembra de algunas especies arbustivas, como *F. macrophylla* y *G. sepium*, buscando mitigar estas problemáticas (Syngenta 2001). El objetivo principal de la investigación fue evaluar el efecto que poseen estas coberturas sobre la llegada de agroquímicos a las corrientes de agua.

MATERIALES Y MÉTODOS. Los monitoreos de las aplicaciones aéreas se realizaron directamente en campo en las fincas seleccionadas durante la época seca donde las plantas pierden gran parte de su follaje. Bajo las coberturas en canales, se ubicaron soportes con tarjetas de material óleo e hidro sensibles y se dividió la copa de las plantas en cuatro estratos: alto, medio, medio bajo y bajo, comparándose cada cobertura contra un canal descubierto, donde se tomó sólo el estrato bajo; la evaluación de *P. Arieianum* se realizó con un equipo de aplicación terrestre AZCO₂ con boquillas TJ8001 de spraying system, donde se aplicaron 40L/ha de un fungicida protectante. En cada canal se instalaron al azar dos trampas de hojarasca con un área de 1m². Mensualmente se realizó un seguimiento a la capacidad de dispersión natural de las plantas de *F. macrophylla* evaluando la presencia de plantas en un radio de 60m y 100m aguas abajo de los canales con coberturas.

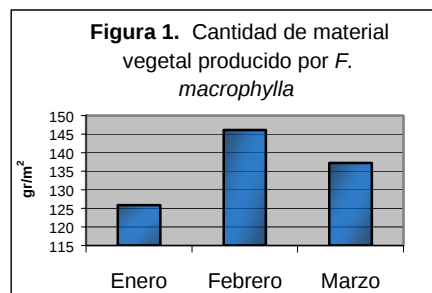
RESULTADOS Y DISCUSIÓN. *F. macrophylla* registró una reducción de 99,1% de las gotas que llegan directamente a las

aguas en canales en comparación con el estrato alto y al canal sin cobertura, las plantas de *P. arieianum* y *G. sepium* presentaron un 94,7% y 54,1% respectivamente.

Cuadro 1. Efecto de la cobertura sobre el número de gotas que llegan a la corriente de agua

Estratos	Número de gotas/cm ²		
	<i>F. macrophylla</i>	<i>G. sepium</i>	<i>P. arieianum</i>
Bajo	0,2	7,4	3,8
Medio bajo	0,8	7,6	3,4
medio	12,6	11,4	24,0
Alto	24,6	30,6	76,0
Sin cobertura	23,5	16,0	72,3

En Costa Rica, Torres (2002) reporta que *F. macrophylla* se defolia tres veces al año, en Urabá la pérdida de hojas no es tan acentuada y se presenta en el período seco (Enero – Marzo), observación realizada en este periodo y verificada por el seguimiento a la cantidad de material vegetal desprendido, el cual fue de 409,1 gr*m²/período. Figura 1.



Al evaluar la capacidad de dispersión natural de *F. macrophylla* se determinó que en plantas de 14 meses de establecidas no hubo regeneración natural en un radio de 60m, mientras que en los canales con plantas que poseían una edad superior a los dos años en los meses de verano se observó germinación de semillas sólo en las paredes de los taludes y en el fondo del canal, período en el cual la mayor parte de estos quedan secos y las semillas que caen encuentran las condiciones óptimas para su germinación. Estas plántulas alcanzan en promedio 13cm de altura en un lapso de ocho semanas y mueren al iniciar las primeras lluvias cuando el canal retoma su flujo de agua normal.

CONCLUSIONES.

- La mayor interceptación de gotas de agroquímicos provenientes de las fumigaciones, se obtuvo con la especie *F. macrophylla*.
- F. macrophylla*, bajo las condiciones de esta investigación presentó una descarga de material vegetal al fondo del canal de 409 gr*m².
- En canales donde las plantas de *F. macrophylla* tenían dos años de establecimiento, se encontraron plántulas provenientes de semillas solo en las paredes y el fondo de éstos canales.
- P. arieianum* disminuyó en más del 94% las gotas provenientes de la fumigación que llegan directamente a las aguas en canales.
- G. sepium* presentó la menor captura de gotas de fungicidas que caen a las aguas en canales debido a su mayor altura y su menor cantidad de follaje si se compara con las otras dos especies.

BIBLIOGRAFÍA.

1. U. de A. Estudio de la deriva de agroquímicos por aplicaciones aéreas en la zona bananera de Urabá. Resumen ejecutivo. 23 p
2. Syngenta. 2001. Flemingia. Cartilla divulgativa. 14 p
3. Torres. 2002 (Comunicación personal) rtorres@chiquita.com

¹UdeA.-Fac. de Ciencias Agrarias. Estudiante de Pregrado en Ing. Agropecuaria. E-mail turbovice@hotmail.com

²Asistente de desarrollo Syngenta Urabá Colombia. E- mail carlosjaviere@edatel.net.co

³Director CENIBANANO Colombia E- mail ipatiño@augura.com.co

⁴Línea Biodiversidad y reforestación, programa BANATURA SENA-AUGURA. E- mail Montoya@augura.com.co

THE EFFECT OF NIR BOOSTER ON BANANA DISEASE, NUTRITION AND PRODUCTIVITY

EFFECTO DE NIR BOOSTER SOBRE LA NUTRICION, PRODUCTIVIDAD Y MANEJO DE ENFERMEDADES EN BANANO

W.W. Ramclan¹ M.Sc.

SUMMARY. Soil conditions in Belize are not optimal for Banana production. The majority of farms have only 18 inches of top-soil with which to work. Relatively cold wet winters affect growth, flowering, production and fruit quality. Many different nutrients and bio-stimulants have been tested in Belize over the years with little effect on productivity. N.I.R. Booster was introduced to Belize by Agro-K Corporation in 2002 and semi-commercial studies were established in 4 farms beginning in Dec 2002.

Based on preliminary results obtained from the semi-commercial studies several banana farms adapted NIR on a commercial basis in 2003. The semi-commercial field trials were continued through 2003 and the results showed a significant increase in production of 5 kg per bunch ($P>0.05$) with improvements in the nutritional (elemental) content of the leaves of plants treated with N.I.R.. Disease evaluations also showed more functional leaves and more functional roots at shooting and harvest on the treated plants. The Belize banana industry is currently using NIR as a routine nutritional practice in over 60 percent of the country's acreage.

RESUMEN. Las condiciones de suelo en Belice no son óptimas para la producción de banano. La mayoría de las fincas solo disponen de ~45 cms de buen suelo. Inviernos húmedos y fríos afectan el crecimiento, floración, producción y calidad de fruta. Varias fuentes de nutrientes y bioestimulantes han sido evaluados en Belice con efecto mínimo en productividad. La Corporación Agro-K introdujo N.I.R. Booster a Belice en 2002 y desde entonces se establecieron estudios semi-comerciales en 4 fincas comenzando en Diciembre de 2002.

Basado en resultados preliminares obtenidos en los estudios semi-comerciales varias fincas adoptaron el uso de NIR-Booster en forma comercial a partir de 2003. Los ensayos de campo a nivel semi-comercial continuaron durante el 2003 y los resultados muestran un incremento significativo en producción de ~5 kg por racimo ($P>0.05$), así como mejoras en el contenido nutricional en las hojas de plantas tratadas con NIR-Booster. Las evaluaciones de enfermedad muestran mas hojas funcionales y mas raíces funcionales al momento de la floración y a la cosecha en plantas tratadas con NIR-Booster. La industria bananera en Belice actualmente está usando NIR-Booster como una práctica nutricional en ~60 % del área sembrada con banano.

INTRODUCTION. Banana production in Belize is challenged by low soil fertility and high disease pressure. Input costs of fertilizers, fungicides and nematocides are high and are reducing profitability to the point of financial crisis for the industry. NIR booster (nutritionally induced resistance booster) was introduced to Belize by Agro-K Corporation in Nov 2002. Black Sigatoka disease pressure was extremely high throughout the industry. Trials were established in 4 farms on a semi-commercial basis and results were collected continuously through 2003. The object was to document NIR's effect on plant growth and production as well as monitor any improvement in black sigatoka management via nutrient induced resistance to the disease.

METHODS & METHODOLOGY. This experiment was conducted in four farms on a semi-commercial level, with adjoining cables serving as the treated and control beginning Dec 2002. Standard practices of the farms such as fertilizer and fungicide were used in both control and treated blocks.

One part of NIR to four parts of water was mixed and 5 ml of the solution was injected into each pseudo stem of the treated banana plants once a month. Plants between 0.5 and 1 meter high were not injected but the diluted solution was squirted into the leaf veins of the 3rd and the 4th leaves (The Alvaro method). The injection point of plants, which were between 1 and 2 meters taller was 0.5 meters from the ground. Plants taller than 2 meters were injected 1 meter from the ground. The needle was placed off center (so as not to hit the growing center) and pushed into the plant at a downward angle. The depth of the injection should be 4 to 6 cm in older plants and 3 to 4 cm in younger plants. Taking of disease and production measurements began four months after injections started and measurements were taken and analyzed continuously for the remainder of 2003.

RESULTS AND DISCUSSION. The results from the experiment showed a significant increase in production due to more fingers and hands as well as larger fingers and hands. Bunch weight of NIR treated plants increased with time and reached 5 kg more ($P>0.05$) than untreated plants. Disease parameters also improved on NIR treated plants, showing, at flowering, 15.1 total leaves and 9.7 YLS on the treated plants vs. 13.4 total leaves and 8.8 Y.L.S. on the control.

CONCLUSION. The use of NIR Booster in Belize clearly improved production and disease management capabilities. While trial work continues, evidence of production and fruit quality was so compelling that currently 60% of the Belize acreage is currently utilizing NIR commercially.

1. NIR treated plants improved total and functional leaves at flowering.
2. NIR treated plants improved YLS scores at flowering.
3. NIR treated plants improved nutrient status, growth and health.
4. NIR significantly increased production. Growers are seeing "cumulative" beneficial improvements in production over the last 16 months since the program was implemented.
5. Trial results were compelling enough that 60% of Belize acreage is now using NIR.

¹Wilbert Ramclan, Banana Growers Association, Dept. of Nutrition and Nematodes, Big Creek, Belize, (501)-610-1943, wwramclan@btl.net

EVALUACION DEL PROMIHUMUS PLUS^{MR} COMO MEJORADOR DE SUELOS PARA INCREMENTAR LA PRODUCCION DE BANANO (*Musa AAA*) EN EL SOCONUSCO, CHIAPAS, MEXICO.

EVALUATION OF PROMI-HUMUS PLUS^{MR} LIKE SOIL IMPROVEMENT TO INCREASE THE PRODUCTION OF BANANA (*Musa AAA*) AT THE SOCONUSCO, CHIAPAS, MEXICO

Hernandez, E. H.¹

SUMARY. As consequence of the intensification of the crops, the soils used for the banana cultivation have gone impoverishing day by day, losing the initial conditions of fertility and suffering nutritional imbalances; to solve these problems the incorporation of products like livestock waste, cane trash, in order to reestablish the levels of organic matter and humus has been used. Considering that some products as the acid of humus carry out a perfect organic amendment of the soils, we carried out the present evaluation focused to evaluate the effect of the PROMI-HUMUS PLUS^{MR} in the improvement of the cultivation of banana. The obtained results demonstrate that besides improving the physical and chemical characteristics of the soil, the plots treated with promi-humus plus^{MR} presented a production increment of 870 box/ha/year more than the control plot, treated in a traditional way.

INTRODUCCION. La industria del cultivo del banano ha encarado problemas de nutrición de suelos en los últimos años (López,1999), el papel de la materia orgánica es de vital importancia, ya que de ella dependen en buena parte las propiedades, físicas, químicas y biológicas del suelo. En la zona del Soconusco Chiapas, en virtud de la intensificación de los cultivos, los suelos se van "agotando" día a día en sus niveles de materia orgánica y humus, perdiendo las condiciones iniciales de fertilidad y por lo tanto aparecen notables "desequilibrios nutricionales". Para resolver este problema se han venido utilizando productos como el estiércol, bagazo de caña (cachaza) y otras enmiendas base. Hoy en día, gracias a las nuevas técnicas agronómicas encaminadas a facilitar el máximo rendimiento en los cultivos, el agricultor ya no tiene la necesidad de recurrir a grandes aportaciones de enmiendas orgánicas (TM), sino a compuestos orgánicos líquidos, ácidos húmicos y fúlvicos (Anónimo,2003) que son productos mucho más estables y activos que las enmiendas tradicionalmente utilizadas. Los ácidos húmicos y fúlvicos realizan una perfecta enmienda orgánica del suelo, sin riesgo de provocar una peligrosa depresión en las fases iniciales del cultivo y todavía más peligrosa mineralización excesiva como ocurre desgraciadamente con muchos residuos orgánicos, vegetales y animales. En base a lo anterior y considerando la necesidad de contar con alternativas para mejorar los suelos, se evaluó el PROMI-HUMUS PLUS^{MR}, con el objetivo de mejorar las características fisicoquímicas del suelo y observar su efecto en la producción, calidad y velocidad de retorno de "hijuelos".

MATERIALES Y METODOS. El experimento se desarrolló en el Rancho "Don Ramón" ubicado en el municipio de Suchiate Chiapas, propiedad de la SPR de RI "Las Pampitas" durante los meses de Septiembre del 2002/ Agosto del 2003. Se seleccionaron dos parcelas de aproximadamente 2.5 Has c/u, en una de las cuales se realizaron aplicaciones de Promi-humus plus y la otra fue tomada como testigo.

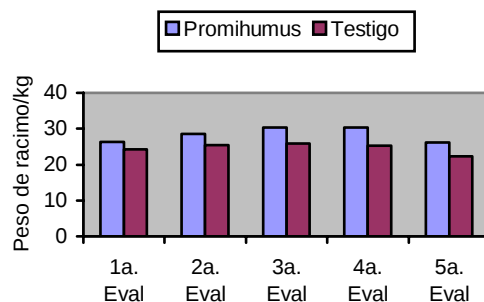
De cada parcela se seleccionaron al azar 10 plantas en producción, en las que se llevo a cabo el registro de No. de manos por racimo, grado basal, grado apical, longitud de dedo basal, longitud del dedo apical, peso bruto, peso del ráquiz y peso neto. Estos datos fueron tomados durante 5 fechas de cosecha diferentes (denominadas evaluaciones).

RESULTADOS Y DISCUSION. Al final se demostró que el tratamiento donde se utilizó el Promi-humus plus^{MR} presentó mejores resultados que el testigo, en la mayoría de los parámetros evaluados (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resultados de evaluación del Promihumus plus y el testigo, en un cultivo de plátano en el Soconusco, Chiapas, Mexico. 2003.

PARAMETROS	PROMIHUMUS	TESTIGO
No. Manos/racimo	7.81	6.93
Grado Basal	46.17	46.80
Grado Apical	41.79	42.80
Long/dedo/basal	9.59	9.38
Long/dedo/apical	7.87	7.86
Peso bruto racimo	31.73	27.43
Peso del Raquiz	3.39	2.80
Peso neto racimo	28.34	24.63

Tomando en cuenta principalmente los parámetros de peso de racimo, en la Figura 1, se observa que durante las cinco evaluaciones realizadas, la parcela tratada con el promi-humus plus presentó un mayor rendimiento que el testigo.



CONCLUSIONES. La aplicación del mejorador de suelos PROMI-HUMUS PLUS nos llevó a constatar que la acción del producto tiene efectos directos tanto en las propiedades fisicoquímicas del suelo, como en los procesos fisiológicos de la planta, ya que en ambos casos se obtuvieron cambios importantes.

Factor suelo. Al cuarto mes de aplicaciones de PROMI-HUMUS PLUS se observó mayor porosidad y retención de agua en el suelo, por lo que químicamente se tuvo una mejor Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y Conductividad Eléctrica (CE), condiciones que ayudan a mejorar la asimilación de nutrientes en las plantas.

Factor Planta. La apariencia fenológica de la planta cambió radicalmente en los dos primeros meses de la aplicación del producto; de un color amarillento, pasó a un color verde claro, y al final del experimento, se obtuvieron plantas más sanas y vigorosas que el testigo.

BIBLIOGRAFIA.

1. Anónimo (2003). Boletín técnico, Promisol S.A. España
2. Lopez A. 1999. XIII Congreso, Ciencia del suelo, Pucon Chile

¹Agrotecnología del Sureste, Tapachula Chiapas, Mexico.

REGULADORES DEL CRECIMIENTO, FERTILIZANTES, ÁCIDOS HUMICOS Y FULVICOS EN BANANO *Musa* AAA CV. GRAN ENANO⁸.

REGULATORS GROWTH, FERTILIZER, HUMIC AND FULVIC ACID IN BANANA *Musa* AAA cv. "GRAN ENANO"

Sánchez, M. J.G.⁹, L. A. Ojeda E.¹⁰, M. Vidales E.³, E. Cavazos A.³, V. Viveros B.¹¹

SUMMARY. This research was carried out in "Mundo Nuevo", Tuxtepec, Oaxaca, Mexico, based in an random blocks design with factorial arrangement 2x3 with three replications; evaluating the production variables by the student method ($P<0.05$). the best treatments were the low dose for foliar application and the midle dose to the base application.

INTRODUCCIÓN

Las principales regiones productoras de plátanos y bananos de la baja cuenca del Papaloapan cuentan con suelos degradados debido a la explotación continua desde hace 74 años y por las pocas prácticas de mejoramiento al mismo, lo que en definitiva ha conducido a un empobrecimiento de estos suelos.

Gran parte de la investigación en banano se ha encaminado hacia la fertilización edáfica y muy poco a las aplicaciones foliares de nutrimentos, reguladores del crecimiento y ácidos húmicos y fúlvicos, que en otros cultivos han demostrado incrementar la producción. Por lo anterior el objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto de las aplicaciones foliares y a la base del pseudotallo de tres fertilizantes foliares (FK, GT y HF), tres reguladores de crecimiento (FN, IM y PR), ácidos húmicos y fúlvicos (CB); sobre el crecimiento, desarrollo y producción del banano *Musa* AAA , c.v. Gran Enano, con una población de 3000 plantas por hectárea.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación fue realizada en el periodo 2003-2004, en la finca Mundo Nuevo, localizada en el kilómetro 2.8 de la carretera Tuxtepec-puente Caracol; Tuxtepec, Oaxaca, México. con una posición geográfica de 8° 07' de latitud Norte y 96° 05' de longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, con una altitud de 11 msnm. La temperatura y la precipitación promedio anual del lugar son de 24 ° C y 2400 mm. Los suelos que predominan en el área experimental son de textura arcilla-arenosa, con un pH de 6.6 (García, 1986). El ensayo se instalo en un diseño de Bloques Completos al Azar con un arreglo factorial 2x3, con tres repeticiones, más un testigo con el mismo número de repeticiones, y la unidad experimental contenía 351 plantas del Clon "Gran Enano", 10 de ellas se seleccionaron para ser evaluadas. El área experimental abarcó 2.2 ha, los tratamientos consistieron en dos formas de aplicación (aspersión foliar y a la base del pseudotallo), tres dosis de reguladores de crecimiento (baja, media y alta), con sus respectivas combinaciones (Cuadro 1). La aplicación de las dosis de los tratamientos se realizó cada 15 días (1ª y 2ª aplicación), posteriormente se realizaron a cada 30 días (3ª, 4ª, 5ª, 6ª aplicación), aplicados por aspersión foliar. Se evaluaron las siguientes variables de producción: peso del racimo, número de manos, calibre de la 2ª mano, calibre de última mano. Para cada una de las variables evaluadas se analizaron estadísticamente, según el método student, para comparación de medias entre testigo y tratamientos (Rodríguez, 1991)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. El análisis de varianza para las variables de producción indica que si hay diferencia significativa entre los tratamientos, con una probabilidad ($P<0.05$). por lo

anterior se hicieron comparaciones de los promedios.

Cuadro 1.- Tratamientos evaluados y dosis (Kg ó L ha⁻¹).

Numero de Aplicación	Producto	Dosis baja foliar (T ₁)	Dosis media foliar (T ₂)	Dosis alta foliar (T ₃)	Dosis baja base (T ₄)	Dosis media Base (T ₅)	Dosis alta base (T ₆)
1ª	PR/CB	F ¹ (1Kg/3.8L)	F ¹ (1.5Kg/3.8L)	F ¹ (2Kg/3.8L)	B ¹ (1Kg/3.8L)	B ¹ (1.5Kg/3.8L)	B ¹ (2Kg/3.8L)
2ª	PR/CB	F ¹ (1Kg/3.8L)	F ¹ (1.5Kg/3.8L)	F ¹ (2Kg/3.8L)	B ¹ (1Kg/3.8L)	B ¹ (1.5Kg/3.8L)	B ¹ (2Kg/3.8L)
3ª	GT/CB	F(2L/1L)	F(2L/1L)	F(2L/1L)	F(2L/1L)	F(2L/1L)	F(2L/1L)
4ª	IM/GT	F(0.5L/2L)	F(0.75L/2L)	F(1L/2L)	F(0.5L/2L)	F(0.75L/2L)	F(1L/2L)
5ª	IM/FK	F(0.5L/2Kg)	F(0.75L/2Kg)	F(1L/2Kg)	F(0.5L/2Kg)	F(0.75L/2Kg)	F(1L/2Kg)
6ª	FN/HF	F(0.5L/2L)	F(1L/2L)	F(1.5L/2L)	F(0.5L/2L)	F(1L/2L)	F(1.5L/2L)

Cuadro 1.- Tratamientos evaluados y dosis (Kg ó L ha⁻¹).

- Aplicación por aspersión foliar
- Aplicación a la base del pseudotallo

Cuadro 2.- Comparación de promedios entre testigo y tratamientos sobre el efecto de las aplicaciones para las variables evaluadas.

Trat.	Peso- racimo (kg)	Manos	Calibre mano	2ª Calibre ultima mano
T1	20.1666 a	5.7333 a	46.00 a	42.29 b
T2	17.3333 b	5.1666 b	46.16 a	42.86 a
T3	18.6000 b	5.5333 a	46.03 a	42. 20 b
T4	17.8000 b	5.2000 b	45.86 b	42.39 b
T5	18.9333 a	5.6000 a	45.63 b	42.06 b
T6	18.0000 b	5.3666 a	45.46 b	41.73 b
T7	17.1667 b	5.5000 a	45.06 b	41.66 b

Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales, según el método de student, ($P<0.05$).

Se observa que las dosis altas de estos productos, ya sean aplicados a la base del pseudotallo y al área foliar presentan rendimientos iguales al testigo. Con relación a las aplicaciones a la base del pseudotallo la dosis media promueve los mejores rendimientos del racimo (18.80 kg); y con respecto a las aplicaciones foliares la dosis baja da mayor rendimiento(20.16kg), con relación al número de manos la dosis baja-alta foliar y la dosis media-alta a la base del tallo son estadísticamente iguales al testigo; para la calibración de la 2ª mano las aplicaciones foliares dan los mejores promedios de grado (46, 46.16, 46.03), (Cuadro 2).

CONCLUSIONES. Con base a los resultados obtenidos, se concluye que los mejores tratamientos son T1(dosis baja aplicado foliarmente) y T5(dosis media aplicado a la base del pseudotallo).

BIBLIOGRAFÍA

- García M., E. 1986. Apuntes de climatología UNAM. México D.F.
- Rodríguez J., M. 1991. Método de investigación pecuaria. Ed. Trillas. México. D.F.

¹ Trabajo de Tesis de Licenciatura llevado a cabo por el autor en el ITA-Tuxtepec.

⁹ ITA-Tuxtepec. Estudiante de Licenciatura en Agronomía.

¹⁰ ITA-Tuxtepec. Profesor Investigador de Licenciatura.

¹¹ Fagro de México. Representante de Ventas. Zona Veracruz Sur.

CALIDAD DE VIDA EN LA RIZOSFERA DEL BANANO: UNA VISION DE NUEVAS INICIATIVAS EN AMERICA LATINA

QUALITY OF LIFE IN THE BANANA RHIZOSPHERE: A VISION OF NEW INITIATIVES IN LATIN AMERICA

Rosales, F. E.¹ y R. Jaramillo²

SUMMARY. To produce banana in a profitable and sustainable way, it is required to have healthy roots capable of exploring the soil efficiently. However, banana roots have received little investigation in regards to their physiology and biotic and abiotic factor interactions that influence their development, growth, and functioning. Methods employed to measure soils production potential for banana culture, rarely take into account soil's health status and they lack information to explain the complex interactions between the soil and its rhizosphere.

There are many alternatives mentioned in the literature as solutions to improve soil's quality and health but commercial utilization is not well documented and justified to facilitate its generalized application. It is necessary to understand better and quantify more properly the real potential of the alternatives found in the literature. A significant step to clarify this situation was promoted in November, 2003, in San José, Costa Rica, with the International Symposium "Banana Root System: a better understanding for its productive management". This meeting was sponsored by INIBAP and CORBANA, in close collaboration with the Latin American banana sector. This presentation gives a panoramic view of the most recent scientific developments on the banana radical system as well as Post-symposium initiatives, which addressed an integral solution not just regarding scientific disciplines but also in developing a joint agenda between the public and private sectors that will allow a fast and secure advance of this novel banana research field.

RESUMEN. Es de todos conocido que para producir banano en forma económica y sostenible es necesario contar con raíces saludables que sean capaces de explorar eficientemente el suelo. A pesar de ello existe también un consenso científico en cuanto a que las raíces de banano han sido poco estudiadas en su fisiología y en las interacciones de factores bióticos y abióticos que influyen en su desarrollo, crecimiento y funcionamiento.

Los métodos utilizados para medir la capacidad o potencial productivo de un suelo para el cultivo de banano, se basan principalmente en el estudio de las propiedades físicas y químicas del mismo y de sus relaciones con algunas características especiales como la topografía y las condiciones climáticas predominantes. Estos métodos raramente consideran los niveles o estado de la salud del suelo y no son suficientes para explicar las complejas interacciones del suelo y su rizosfera.

Muchas son las condiciones positivas y negativas que determinan un ambiente saludable para las raíces y la actividad biológica que allí se desarrolla. Varios investigadores han demostrado que la planta del banano pierde hasta un 33 por ciento de sus asimilados del suelo y según el Dr. R. Sikora, estas pérdidas serían mínimas bajo "condiciones saludables" del suelo. Él considera que cuando se alcanza un estado ecológico en el que las comunidades microbianas específicas de la rizosfera están bien establecidas y funcionando apropiadamente, se provoca un agro ecosistema supresivo a enfermedades o plagas. Muchas y variadas son también las alternativas mencionadas en la literatura como soluciones para mejorar la calidad y salud del suelo (enmiendas, bio-productos, microorganismos benéficos, antagonistas, cultivos intercalados, entre otros), pero todavía no existen experiencias prácticas que demuestren una opción que sea económica y sostenible. El uso comercial de bio-productos y de muchas prácticas culturales no está bien documentado y justificado en una forma que facilite su aplicación generalizada. Existe la necesidad

de conocer mejor y cuantificar más apropiadamente, el verdadero potencial de estas alternativas o tecnologías encontradas en la literatura científica.

En algunos casos es conveniente definir, darle nombre concreto o estandarizar algunos productos, que más que productos son tecnologías, por ejemplo: "bioles", "bokashi", "lixiviados de X o Y materiales", etc. El contenido mínimo de su composición o producto debería ser definido, por lo menos en publicaciones científicas, para permitir así un desarrollo adecuado de su tecnología y una transferencia y uso más eficiente y predecible.

Existen muchas interrogantes por resolver sobre la compleja interacción que ocurre entre factores bióticos y abióticos en la rizosfera del banano. También existen muchos cuestionamientos sobre las alternativas de solución integrada para devolver y mantener, en forma sostenida y rentable, la calidad de vida en el suelo. Un paso significativo en el sentido de aclarar esta situación se propició en noviembre del 2003 en San José, Costa Rica, con ocasión del Symposium Internacional "Sistema Radical del Banano: hacia un mejor conocimiento para su manejo productivo". Esta reunión fue auspiciada por el INIBAP y CORBANA, con la colaboración decidida del sector bananero latinoamericano. Esta presentación da una visión panorámica de los más recientes avances científicos en muchos campos y disciplinas de este complejo pero importante problema del sistema radical del banano. También se presentan algunas iniciativas post simposio, en las que se busca una solución integrada no solo en cuanto a las disciplinas científicas sino también en el hecho de desarrollar una agenda compartida entre el sector público y el privado, que permita un avance rápido y seguro de este novel campo de Investigación en banano.

¹INIBAP. c/o CATIE, Turrialba, Costa Rica. Coordinador Regional para América Latina y el Caribe. inibap@catie.ac.cr

² Apdo. Postal 4824-1000, San José, Costa Rica. Ex-Coordinador Regional de INIBAP.

USO DE MICORRIZAS EN BANANO: LOGROS Y PERSPECTIVAS

M.C. Jaizme-Vega¹² y A.S. Rodríguez-Romero¹

SUMMARY Under a sustainable perspective, soil is considered as an active element which encloses physical, chemical and biological factors. Consequently, crops are influenced by the interaction between them. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), obligate symbionts that colonise the roots of most cultivated plants species, are among the beneficial soil microbiota. Early mycorrhization can contribute to plant development by increasing nutrient uptake which leads to an improvement in plant health and may also increase plant tolerance to biotic and abiotic stress conditions. Due to these benefits this technique should be especially taken into account for micropropagated vegetal material. However, mycorrhizal dependence for promoting growth is not the same for all the vegetal species. Micropropagated banana (*Musa acuminata* Colla) is one of the tropical plant species which can be highly favoured with this symbiosis. Results from the studies done of the effect of early mycorrhization of banana during the last decade in the Canaries, have been summarised within this work. At first, we can conclude the positive effect of AMF on banana (significant increases in plant development and nutrient uptake), since first development stages. So AMF can be used as biofertilizers for this vegetal specie. This positive effect can be also detected after transplanting to field. Within this working line, several commercial products based on AMF have been successfully tested in our lab. Secondly, AMF can be used as an effective biocontrol strategy against banana soil-borne pathogens such as *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* or nematodes. Recently, other soil beneficial microorganisms: plant growth promoting rhizobacteria (PGPR), have been included in our studies in order to determine their positive effect in combination with AMF. Our results let us to conclude that the combined inoculation of both soil microorganisms can be as effective as AMF single inoculation either as a biofertilizer or as a biocontrol strategy, depending on the suitability of strains combinations.

Cada día, se le concede más importancia al suelo como elemento del sistema. Éste deja entonces de ser un simple soporte inerte sobre el que crecen los cultivos y pasa ahora a ser considerado componente activo, un microcosmos integrado por diversos factores (físicos, químicos y biológicos) cuyas complejas interacciones tienen una clara repercusión en el desarrollo de las plantas. Centrándonos en los componentes microbiológicos se sabe que las poblaciones de microorganismos del suelo se hallan bajo una especie de equilibrio inestable: si no se producen cambios y bajo condiciones climáticas constantes, este equilibrio apenas se altera. Sin embargo, cuando se introducen plantas en el sistema, la situación cambia drásticamente puesto que las plantas se convierten en los principales suministradores de compuestos energéticos del suelo. Los microorganismos aprovechan estos compuestos que se encuentran en el entorno de la raíz y proliferan en ella (Barea *et al.*, 2002). El conocimiento profundo de los mecanismos que rigen estos sistemas microbiológicos de los suelos resulta imprescindible para proceder a la manipulación de los mismos. Los hongos formadores de micorrizas arbusculares (MA) y las rizobacterias o bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPRs o PGPBs), pertenecen a al grupo de microorganismos benéficos del suelo, ya que contribuyen positivamente al favorecer la nutrición y crecimiento de las plantas, al tiempo que pueden funcionar como agentes de control biológico eficaces frente a patógenos. Las micorrizas arbusculares, simbiontes mutualistas endofíticos y biotróficos, han sido ampliamente descritas como favorecedores del crecimiento (Smith y Read, 1997). La infección de la micorriza produce cambios físicos, bioquímicos y fisiológicos en las raíces colonizadas que conducen a un mejor estado general de la planta y contribuyen a aliviar las situaciones de estrés vegetal de carácter abiótico (metales pesados, salinidad) y bióticos (compensación de daños,

activación de mecanismos de defensa, cambios microbianos en la rizosfera).

La platanera es una especie micotrófica capaz de beneficiarse de la presencia en sus raíces de hongos MA. Además, su capacidad de ser multiplicada *in vitro* la señala como cultivo idóneo para ser inoculado durante la fase de enraizamiento *post vitro*. En este sentido, numerosos trabajos avalan los beneficios de la inoculación micorrízica sobre el desarrollo y la nutrición durante las primeras fases del cultivo de esta especie (Jaizme-Vega y Rodríguez-Romero, 2002). Estos efectos tienen un significado adicional en suelos tropicales, semiáridos y marginales donde estos hongos con el principal recurso, tanto para la conservación de los ecosistemas como para la producción. Las ventajas de la micorrización temprana en platanera ha sido detectado en campo bajo condiciones experimentales con un régimen de abonado estándar hasta 9 meses después del trasplante (Jaizme-Vega *et al.*, 2002).

Uno de los aspectos del empleo de los hongos MA sobre platanera que merece mayor interés es el que se refiere al papel de estos simbiontes en el control de patógenos de raíz. La investigación publicada en este sentido sobre platanera, aporta resultados prometedores. Si nos centramos en los nematodos, los daños causados por estos patógenos de raíz pueden ser aliviados tanto en el caso de nematodos agalladores como de lesionadores. En algunos trabajos con *Meloidogyne* sólo se ha registrado un incremento de tolerancia (Pinochet *et al.*, 1997) o bien dicha tolerancia en combinación con una reducción en las poblaciones del patógeno (Jaizme-Vega *et al.*, 1997). En cuanto a patógenos de origen fúngico, se dispone de una sola cita (Jaizme-Vega *et al.*, 1988) en relación con el hongo vascular *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* que confirma que la micorrización temprana induce un descenso de la severidad de la enfermedad y un aumento en el desarrollo de la planta. Otros hongos productores de podredumbres de raíz como *Cylindrocladium spathiphylli* disminuyen la intensidad de los daños en presencia de los hongos micorrízicos (Declerck *et al.*, 2002). Otros microorganismos rizosféricos que comparten con los hongos MA la zona de influencia de la raíz son las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPRs). Son capaces de inducir la germinación de semillas y el desarrollo vegetal así como de actuar como competidores o antagonistas de patógenos de suelo, (Kloepper y Schroth, 1978). La posible combinación de la actividad biocontroladora de las PGPRs junto con la capacidad profiláctica de los hongos MA podría reportar un beneficio extra a la planta (Linderman, 2000). En la actualidad la información referida a tal uso conjunto es prometedora aunque escasa, lo que impide generalizar conclusiones (Rodríguez-Romero, 2003). Existen algunas referencias sobre el posible uso de PGPRs para potenciar el crecimiento o actuar como biocontroladores de patógenos en platanera (Jonathan *et al.*, 2000).

Ante estas perspectivas y dado que hasta el momento la mayoría de la información disponible se ha obtenido bajo condiciones experimentales controladas, consideramos que serían necesarios futuros trabajos coordinados entre patólogos, fisiólogos y "micorrizólogos" con el fin de incluir el empleo de estos microorganismos como una estrategia biotecnológica en los sistemas de producción vegetal y hacerla compatible con otras prácticas alternativas complementarias como puede ser la solarización, las enmiendas orgánicas, etc...

BIBLIOGRAFÍA

- Barea *et al.*, 2002. Antonie van Leeuwenhoek. 81: 343-35.
Declerck *et al.*, 2002. Plant Pathology 51: 109-115.
Jaizme-Vega *et al.*, 1988. Acta Horticulturae 490: 285-295.
Jaizme-Vega *et al.*, 2002. INFOMUSA 11(1):25-28.
Jonathan *et al.*, 2000. Nematropica 30: 231-240.
Kloepper y Schroth, 1978. 4th Int. Conf. Plant Pathogenic Bacteria. pp: 879-882.
Linderman, 2000. A M: Physiology and Function. pp. 345-365.
Pinochet *et al.*, 1997. HortScience. 32(1): 101-103.
Smith y Read, 1997. Mycorrhizal symbiosis. London.
Rodríguez-Romero, 2003. Tesis Doctoral. Univ. de La Laguna.

¹² Investigadoras, Instituto Canario Investigaciones Agrarias Islas Canarias, España.

**EFFECT OF PLANT GROWTH PROMOTING MICROBIAL
AGENTS ON GROWTH AND STRESS TOLERANCE OF
BANANA PLANTS IN THE NURSERY AND PLANTATIONS**

Eli Khayat, Nitzan Livni¹

SUMMARY. Association of microbial agents to plant roots is highly beneficial to growth and health of the plants both in the nursery and in the field. The interaction between the microbes and the plant increases the root's resistance to certain pathogens (particularly nematodes) as well as tolerance to stressful conditions such as drought, salinity, and toxic compounds. Several types of mycorrhizae are known to exist including ecto and endo (arbuscular)- mycorrhizae. Ecto-mycorrhizae develop externally forming a dense mycelial growth on the outer surface of the root while endo-mycorrhizal (VAM) fungi grow internally between the root cells and even penetrate cortical cells. This cell layer is also the very layer that is harbored by pathogenic nematodes. VAM excrete compounds that are toxic to various nematodes, thus creating a protective shield inside the surface of the roots. Experiments that were recently carried out jointly by Rahan Meristem and AVT (Martinique) clearly demonstrate the effectiveness of VAM colonization for resistance to various nematodes. We have isolated several plant growth promoting bacteria that by decreasing the level of ethylene in the roots allow for more effective colonization of the endo-mycorrhizal fungus *Glomus* in banana roots at the hardening stage. The combination of the bacterium with the mycorrhizae was highly effective to reduce the population of various nematodes that harbored the colonized plants in a commercial plantation in Martinique. The results have been repeated in various banana plantations with similar beneficial effect. We are currently trying to incorporate this technology to organic banana plantations for protection against nematodes.

¹ Dept. of R&D, Rahan Meristem (1998) LTD
Mark Kean, Mikrotek, Ontario, Canada
Stephane Gouyer Antilles vitro plants, Martinique

CONSUMO NUTRIMENTAL DEL BANANO EN EL AREA DEL SOCONUSCO, CHIAPAS

Lee, R. V.¹ y J. N. M. Lerma²

SUMMARY. The study objective was to know the total nutrient demand of a banana crop, exportation (fruit removal), and the N-P-K crop contribution to the soil and its nutrient balance, in order to define technologies to improve soil conditions. Therefore, a study was carried out in a commercial banana field. The best plants near to harvest were selected and divided into the following parts: the fruit bunch, leaves, pseudostem, rhizome and roots. Each part was total fresh and dry weight determined and analyzed. The total demand with a population of 1800 plants per ha for N-P₂O₅-K₂O was 364-115-1235 Kg ha⁻¹ respectively, with the leaves corresponding to 25.9 % of N, 16.9 % of P and 18.2 % of K and with the pseudostem corresponding to 22.9 % of N, 39.3 % of P and 35.9 % of K. The fresh vegetative matter easily degraded and returned to the soil as source of organic matter. Even when significant amounts of nutrients are returned to the soil, nothing is useful by the crop due to poor crop residue management. Therefore, it is important to define technologies that will management crop residues to improve the O.M. content, yield, and quality and to reduce crop production cost.

INTRODUCCIÓN. El banano enano gigante (*Musa AAA*), a nivel nacional e internacional es de las frutas mas importantes por su alto valor nutritivo, precio accesible y disponibilidad durante todo el año. Se cultiva en 16 estados de la Republica Mexicana. En el área del Soconusco, Chiapas, se cultivan 6500 ha (se han reducido en 4000 ha por los altos costos de producción) con un rendimiento medio de 60 T ha⁻¹ de excelente calidad de exportación. El mantener la producción y calidad de la fruta, ha provocado la aplicación excesiva y baja eficiencia de fertilizantes; lo que resulta critico si se considera el acelerado intemperismo de suelos y el nulo manejo y conservación que de los residuos de cosecha se realiza en el área, y representan una excelente fuente de materia orgánica (M.O.). Los beneficios químicos, físicos y biológicos que se logran en el suelo al aumentar y mantener sus contenidos de M.O. son ampliamente conocidos y están bien documentados (1,2). Una importante función de la M.O. es su acción supresiva de fitopatogenos (1). El objetivo del estudio fue, conocer el consumo real, exportación, aportación de N-P-K del cultivo y su balance nutrimental, para definir tecnologías que optimicen las condiciones edáficas de los suelos.

MATERIALES Y METODOS. En una finca de 12 años, ubicada en Escuintla, Chiapas; en donde se tiene un buen control de las actividades agronómicas que se realizan, se selecciono la mejor planta, lista para cosecharse. En la selección y extracción de la planta para obtener la biomasa aérea y radical se siguió el principio de (4). Para la biomasa radical, se abrió una zanja de 2.0 m de radio y 1.0 m de profundidad, dimensiones previamente determinadas; posteriormente se hicieron cortes uniformes hacia el centro y abajo; cada corte se paso a una criba (4x4 m) para extraer las raíces; 0.5 m antes de llegar al centro, los cormos y raíces se extrajeron con agua. El total de raíces y cormos una vez lavados, se pesaron y se tomo una muestra. Del volumen de suelo explorado por las raíces se tomo una muestra de cada horizonte identificado, hasta 128 cm de profundidad. Las metodologías de análisis para el suelo y planta, se usaron las descritas en (1).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. En el cuadro 1, se detallan los consumos de N-P-K de la biomasa aérea y radical de la planta; el racimo (exportación) con un peso fresco de 34 kg, represento el 22.8 % de N, 12.6 % de P y 10.0 % de K; la planta madre con un total de 16 hojas, considerado excelente para un buen desarrollo de la fruta, por su función como órgano de reserva nutrimental (5). Sus contenidos de N, P y K, de la hoja 3 a la 6 fueron los mayores, lo cual puede considerarse como un índice para la selección de la

muestra foliar en el diagnostico nutricional, represento el 25.9 % de N, 16.9 % de P y 18.2 % de K y el seudotallo represento el 22.9 % de N, 39.3 % de P y 35.9 % de K del consumo total; material de fácil descomposición que queda en la plantación como fuente de M.O. Los contenidos de N-P-K de la biomasa radical fueron bajos, siendo factible indicar que su principal función es la de absorción de agua y nutrimentos y translocarlos al cormo. Un análisis integrado de el consumo total de N-P-K por la biomasa aérea y radical de una planta (cuadro 1), muestra los grandes requerimientos que de ellos tiene, con una relación de 1- 0.3 - 3.5 de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente.

Cuadro 1. Consumo de N-P-K de la biomasa aérea, radical y total de una planta de banano, en el Soconusco, Chiapas.

Descripción	Peso en Kg		Nutrimentos grs/prod.M. S.		
	Fresco	Seco	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Fruta	30.5	3.5	46.2	8.01	68.9
Raquis	3.5	0.2	3.7	0.97	20.4
Hojas-madre	18.50	2.9	52.4	10.74	125.11
Hojas-hija	0.45	0.05	1.2	0.27	2.35
Seudotallo-madre	58.3	6.43	46.4	24.96	246.72
Seudotallo-hija	8.4	0.30	4.4	1.83	24.12
Biomasa aérea	119.65	13.38	154.3	45.19	487.56
Raíces	14.5	0.9	8.1	2.3	23.4
Cormos	43.9	3.9	39.9	15.8	174.8
Biomasa Radical	58.4	4.8	48	18.1	198.2
Demanda Total	178	18.1	202.3	63.48	685.7
Relación N-P-K			1	0.3	3.5

Todos los órganos de la planta, tuvieron un mayor consumo de potasio. De la producción total en fresco de biomasa aérea por año (215 T ha⁻¹), la que reingresa al suelo (144 T ha⁻¹) representa mas del 60%, y del consumo total de N - P₂O₅ y K₂O más del 50% (cuadro 2); quedando amontonado en las calles pudriéndose, y el suelo expuesto a la erosión aluvial y los fertilizantes que se aplican encima, a la excesiva humedad relativa (>90%), precipitación (> 2500mm), arrastre y lixiviación. Los beneficios de la M.O., se obtienen cuando se descompone (2,3). El productor, consiente de las altas demandas de N, P₂O₅ y K₂O del cultivo y la permeabilidad de los suelos, aplica grandes cantidades de nutrimentos en forma dirigida y fraccionada para aumentar la eficiencia fertilizante. Aún con dichas prácticas, analizando lo aplicado con lo consumido, hubo un exceso de 230 Kg ha⁻¹ de N y 132 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, en el caso del nitrógeno quizás se perdió por gasificación y/o lixiviación y el fósforo quizás quedo fijado en el hierro y aluminio; en el potasio hubo un déficit de -389 Kg ha⁻¹ de K₂O en el ciclo, el cual fue abastecido por el suelo y/o quizás del residuo de cosecha.

CONCLUSION. La alternativa de solución técnica, económica y a corto plazo más viable, para rescatar el potencial productivo del agroecosistema banano, en el Soconusco, Chiapas, es aumentar los contenidos de materia orgánica de sus suelos. Por lo tanto; es urgente estudiar y definir las tecnologías de manejo y conservación de los residuos de cosecha del banano, que permitan aumentar la eficiencia de los fertilizantes aplicados, los rendimientos y calidad; y por ende bajar los costos de producción; y reducir los graves problemas de erosión que actualmente se tienen

BIBLIOGRAFIA

1. Benton, J.J. Jr., B Wolf and H. Mills. 1991. Plant Analysis Hand Book finit. Ed. Micro-Macro Publishing Inc. p 193-203.
2. Forceila, F., D.D. Buhler and M.E. Mc Giffen. 1994. Pest management and crop residues. Inc. J.L. Lewis Publisher. p.191-214.
3. Reicosky, D.C. 1994. Crops Residue Management: Inc. J.L. Crops Residue Management. Lewis Publisher. p. 191-214.
4. Rodríguez S.J. 1993. La fertilización delos cultivos. Un método racional. Facultad de Agronomía. Pontificia Univ. Católica de Chile.
5. Soto, B.M. 1991. Bananos cultivos y comercialización. 3era. Ed. San José: Litografía e imprenta L.I.L., S.A. Costa rica.

¹Profesor-Investigador. F.C.A. C-IV.UNACH. leevic5@hotmail.com

²Profesor-Investigador. F.C.A. C-IV.UNACH.

josenoelm@prodigy.net.mx

LA MICROTOPOGRAFÍA Y LA TEXTURA EN EL SISTEMA BANANO

MICRORELIEF AND TEXTURE IN THE BANANA SYSTEM

Castañeda Dario¹¹, Oberthur Thomas², Bolaños Sandra²

SUMMARY. Machinery used in the ground preparation, is the principal factor that is affecting the microtopography of the banana systems. Roughness considerably influences rainfall repartition between infiltration and runoff.

INTRODUCCIÓN. La variabilidad del micro-relieve es un reflejo de las irregularidades del terreno. Esta variabilidad refleja la rugosidad del suelo y afecta directamente el reparto del agua lluvia entre la infiltración y la escorrentía, e indirectamente el tipo de erosión que predominará, remoción superficial de suelo o erosión química (Fernández et al 2001 y Vázquez y González, 2003). En las zonas bananeras de Urabá Colombia, es común el uso de equipos de baja precisión para la nivelación del suelo durante la preparación del terreno para la siembra. Esto conlleva a la generación de micro depresiones, que favorecen la acumulación de agua. La no distribución uniforme del suelo generado durante la construcción de los canales superficiales para evacuar el agua excedente esta contribuyendo a incrementar la variabilidad en el micro-relieve.

El objetivo del trabajo consistió en evaluar la relación del micro-relieve y el crecimiento de las plantas de banano.

MATERIALES Y METODOS. En un lote de 4500 m², se ubicaron cuatro parcelas de 32.5 x 25 m de largo. El terreno se adecuó y niveló empleando maquinaria de la zona. En cada parcela se plantaron 143 plantas de banano de la variedad gran enano. Para cada sitio de siembra se obtuvo la altura relativa con sus respectivas coordenadas. También se obtuvieron los gradientes y direcciones de los canales superficiales y terciarios.

Adicionalmente se tomó en maya 60 muestras de suelo. A cada una se le determinó el contenido de cada uno de los separados arena, limo y arcilla y se estudio el comportamiento espacial de estos.

Se evaluó el crecimiento y desarrollo midiendo el diámetro del pseudotallo a 20 cm del suelo, el numero de hojas, el largo y ancho de estas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. La parcela de mayor altura relativa promedio es la D, sin embargo la A presenta la mayor variabilidad, son intermedias la B y la C tanto para variabilidad como para alturas. Además los promedios son significativamente diferentes (ver figura 1).

El índice de rugosidad aleatoria (IRA), entendido este como la desviación estándar de las alturas relativas, ha sido utilizado como indicador de la configuración o rugosidad de la superficie de un terreno. Este índice presento el mismo comportamiento que las alturas relativas, siendo la parcela A la de mayor rugosidad y la D la de menor (ver tabla 1).

Las texturas encontradas con base en el valor medio de cada uno de los separados en cada parcela, fue franco arenosa para la A y franca para las demás. Esto corrobora aunque no significativamente, que el contenido de arena si fue levemente mayor en la A, respecto a las demás.

La parcela A que presenta el mayor IRA, la cual con esta textura se ve favorecida para una mayor pérdida de suelo, dado que suelos franco arenosos y francos son suelos sueltos, y tienden a desintegrarse mucho mas fácil cuando están húmedos, estado también mas frecuente, dadas las características climáticas de la región de Urabá. En las demás se favorece la infiltración.

Figura 1: Comportamiento de las alturas relativas

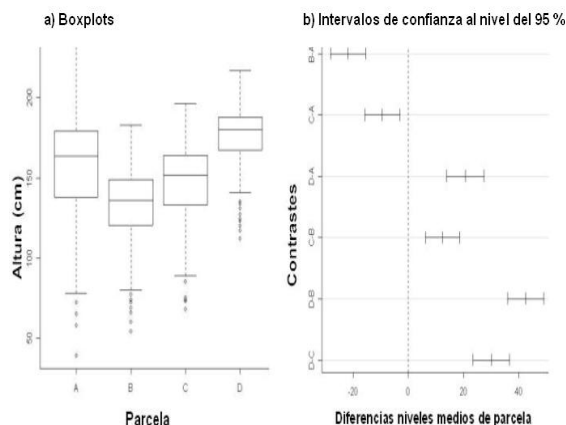
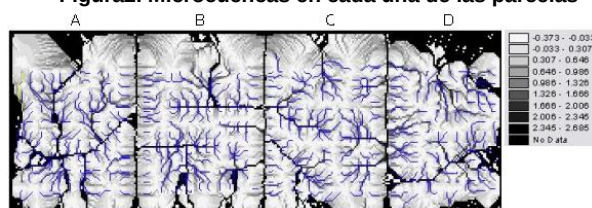


Tabla 1: Índice de rugosidad aleatoria

Parcela	Rugosidad Aleatoria (IRA)
A	31.71
B	23.89
C	25.46
D	19.24

En la figura 2 se aprecia el mayor número y concentración de microcuencas que se presenta en la parcela A.

Figura2. Microcuencas en cada una de las parcelas



CONCLUSIONES. Las operaciones de laboreo, sumado a la baja precisión de los equipos de nivelación, son los principales factores que estan aumento de la rugosidad del suelo y están contribuyendo a la variabilidad local de crecimiento de las plantas de banano.

AGRADECIMIENTOS. A Colciencias-Sena por el apoyo financiero para la realización del presente trabajo.

BIBLIOGRAFIA

1. Vidal, Vázquez E.; P. González, A., 2003. Influencia del tipo de laboreo del suelo sobre el microrrelieve de un Ferrasol. En IX conferencia Española de biometría. :28-25.

2. Fernandez-Illescas, C.P.; Porporato, A.; Laio, F. 2001. The ecohydrological role of soil texture in a water-limited ecosystem. In Water resources research, 37(12): 2863-2872.

¹¹ Línea A.P. CENIBANANO, AUGURA, Colombia.

dacastanedas@softhome.net

² Programa Uso de la Tierra, CIAT, Colombia. t.oberthur@cgiar.org

EFFECTO DE HUMEDAD DEL SUELO EN CRECIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTA DE BANANO (*Musa AAA Simmonds* cv. Gran Enano) EN COLIMA

EFFECT OF SOIL MOISTURE ON THE GROWTH AND FRUIT QUALITY OF BANANA (*Musa AAA Simmonds* cv. Gran Enano) IN COLIMA

Orozco R. J.¹, O. Pérez Z.¹, M. Orozco-Santos¹ y M. M. Robles G.¹

SUMMARY. Banana root system (*Musa AAA Simmonds*) can only extract soil water to low suction levels; thus soil moisture need to be closer to field capacity. The objective of this work was to observe the N doses and soil moisture tension effect on the growth and quality of banana cv "Giant Dwarf". Findings showed that no response was observed for N, but soil moisture tension departure from the 10 kPa produced a lineal decrease on growth and affected quality of fruit and the length and weight of bunch of banana.

INTRODUCCIÓN. En la etapa vegetativa, periodo de establecimiento, se determina el potencial de crecimiento y fructificación siendo esencial durante este periodo un suministro adecuado de agua y nutrimentos (N y K); durante este periodo los déficit de agua afectan al ritmo de desarrollo (altura de la planta y diámetro de pseudotallo), lo que a su vez influye en el numero de manos, en el peso y longitud de los racimos (Lahav and Kalmar, 1988; Hedge y Srinivas, 1989, 1991). Los bananos requieren un suministro de agua abundante y frecuente; el déficit de agua influye en forma negativa sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo. En Colima el clima es semiárido; en consecuencia el cultivo de banano requiere suplementarse con agua. El objetivo del trabajo fue determinar el uso óptimo de N y agua para mejorar la calidad de fruta del banano en el estado de Colima.

MATERIALES Y MÉTODOS. El estudio se realizó Tecmán, Colima de 1997 a 2000; las coordenadas son 18°57'07" latitud norte y 103° 50' 30.5.3" longitud oeste; la temperatura media anual es 26 °C y la precipitación media anual de 730 mm. El suelo tiene pendiente menor del 1%, 55 m de altitud; se clasificó como Calcisol vértico (FAO, 1991). El cultivar empleado fue "Enano Gigante". El diseño experimental fue de parcelas divididas; las parcelas grandes fueron cuatro tensiones de humedad: 10, 25, 50 y 75 kPa; las Sub-parcelas, cuatro dosis de N: 0, 100, 200 y 300 kg ha⁻¹; cada tratamiento se repitió cuatro veces. Los datos se procesaron para análisis de varianza y regresión lineal y múltiple con el paquete estadístico CoHortSoftware.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. El efecto de N no resultó significativo en la calidad, y los resultados fueron congruentes con los observados en otros estudios (Hedge y Srinivas, 1989). En contraste la altura de la planta y diámetro de pseudo tallo, promedio de cuatro floraciones, disminuyeron linealmente con abatimiento de la humedad del suelo. Las ecuaciones que representaron la relación anterior fueron

$$\begin{aligned} \text{Altura de planta} &= 2.34 - 0.0034 \text{ kPa} \quad (R^2 = 0.99) \\ \text{Diámetro de pseudotallo} &= 21.3 - 0.043 \text{ kPa} \quad (R^2 = 0.98) \end{aligned}$$

Con humedad del suelo deficitaria la longitud del racimo (disminuyó linealmente:

$$\text{Longitud racimo} = 89.86 - 0.286 \text{ kPa}, R^2 = 0.99$$

El peso de racimo también disminuyó, pero la función de respuesta fue cuadrática:

$$\text{Peso de racimo} = 23.53 + 0.036 \text{ kPa} - 0.002 \text{ kPa}^2, R^2 = 0.98$$

En contraste con lo observado en otros estudios (Lahav and Kalmar, 1988; Hedge y Srinivas, 1989) en los cuales se observó alta correlación entre rendimiento y peso de racimo, en el presente estudio ocurrió lo opuesto, fue la longitud de racimo la variable que tuvo la mayor relación con el rendimiento de fruto; a menor longitud de racimo menor rendimiento de fruta.

Número, diámetro, longitud y peso de dedos. Las ecuaciones cuadráticas para el número de dedos por mano, diámetro, longitud y peso de dedo central de la segunda mano del racimo fueron similares; no se observó cambios abruptos en la calidad de fruta entre 10 y 30 kPa, pero con el déficit de humedad se acentuó el abatimiento en las variables de calidad de fruta, resultando lineal a partir de 30 kPa. Las ecuaciones resultantes fueron las siguientes:

$$\begin{aligned} \text{Número de dedos} &= 9.79 + 0.009 \text{ kPa} - 2.79 \times 10^{-4} \text{ kPa}^2 \quad (R^2 = 0.98) \\ \text{Diámetro de dedo} &= 32.64 + 0.035 \text{ kPa} - 0.003 \text{ kPa}^2 \quad (R^2 = 0.96) \\ \text{Longitud de dedo} &= 19.1 + 0.033 \text{ kPa} - 6.5 \times 10^{-4} \text{ kPa}^2 \quad (R^2 = 0.98) \\ \text{Peso de dedo} &= 125.36 + 0.39 \text{ kPa} - 0.009 \text{ kPa}^2 \quad (R^2 = 0.97) \end{aligned}$$

CONCLUSIONES. El efecto de N no resultó significativo en la calidad de fruta, ni crecimiento de las plantas. La humedad del suelo influyó marcadamente en la calidad de fruta, de tal manera que el déficit de humedad afectó negativamente el número de dedos por mano, el diámetro, longitud y peso de dedo, así como a la altura y diámetro de pseudotallo y la longitud y peso del racimo de plátano.

BIBLIOGRAFÍA

- Hedge, D. M. and K. Srinivas. 1989. Effect of soil matric potential and nitrogen growth, yield, nutrient uptake and water use of banana. Agric. Water Mgmt. 16:109-117.
- Lahav, E. and D. Kalmar. 1988. Response of banana to drip irrigation, water amounts and fertilization regimes. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 19:25-46.

¹Investigadores del Campo Experimental Tecmán. INIFAP-Colima. Km 34.5 carretera Colima-Manzanillo. Tecmán, Col. Mex. perez.octavio@inifap.gob.mx.

FUNCIÓN DE RESPUESTA A LA HUMEDAD DEL SUELO Y NITRÓGENO EN EL RENDIMIENTO DE PLÁTANO EN COLIMA

RESPONSE SURFACE TO SOIL MOISTURE AND NITROGEN ON THE YIELD OF BANANA IN COLIMA

O. Pérez Z.¹ y Orozco R. J.¹

SUMMARY. Banana crop (*Musa* AAA Simmonds cv Gran Enano) is grown in a semiarid climate in Colima, thus the plant requires irrigation; besides N shows interaction with moisture. The objective was to observe the N doses and soil moisture tension interaction effect on the yield of banana cv "Gran Enano". Findings showed that the interaction of both inputs was positive on yield. The highest yields were obtained with N applications of 300 kg ha⁻¹ and soil moisture tensions near to field capacity during the overall growth crop. Accumulated banana yield was expressed with high degree of confidence ($R^2 = 0.94$) by the following equation:

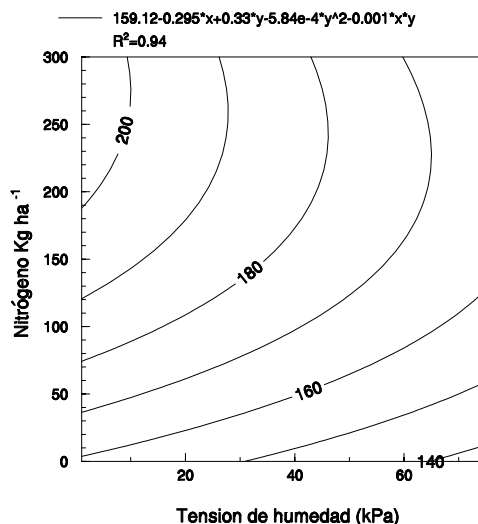
$$Y = 159.12 - 0.195 X + 0.33 Y - 5.08E^{-4} Y^2 - 0.001 XY$$

INTRODUCCIÓN. En Colima el clima es semiárido; en consecuencia el cultivo de plátano requiere suplementarse con agua. El efecto de la interacción de fertilización nitrogenada y humedad está ampliamente documentada y su resultado en el rendimiento y mejoramiento en calidad de fruta ha sido positivo (Davis, 1995; esto se relaciona con los altos requerimientos de agua y N por el cultivo de plátano. Por lo anterior, el objetivo del trabajo fue determinar el uso óptimo del N y agua para maximizar el rendimiento y la calidad de fruta del plátano en el estado de Colima.

MATERIALES Y MÉTODOS. El estudio se realizó Tecomán, Colima de 1997 a 2000; las coordenadas son 18°57'07" latitud norte y 103° 50' 30.5.3" longitud oeste; la temperatura media anual es 26 °C y la precipitación media anual de 730 mm. El suelo tiene pendiente menor del 1%, 55 m de altitud; se clasificó como Calcisol vértico (FAO, 1991). El cultivar empleado fue "Enano Gigante". El diseño experimental fue de parcelas divididas, cada tratamiento se repitió cuatro veces; la parcela experimental consistió de 25 cepas, dejando 9 cepas como parcela útil. Las parcelas grandes fueron cuatro tensiones de humedad objetivo: 10, 25, 50 y 75 kPa; las parcelas chicas cuatro dosis de N: 0, 100, 200 y 300 Kg ha⁻¹; cada tratamiento se repitió cuatro veces. Los datos se procesaron para análisis de varianza y regresión lineal y múltiple con el paquete estadístico CoHortSoftware.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. El cultivo respondió a la aplicación creciente de N, sin embargo, fue mayor cuando las condiciones de humedad resultaron más favorables para el cultivo. Los máximos rendimientos se obtuvieron a la tensión de 10 kPa (Figura 1). El efecto positivo de la interacción de agua y N fue señalado en trabajos previos, lo cual corrobora lo encontrado en el presente estudio de la importancia de ambos insumos en la producción de plátano (Goenaga e Irizarry, 1995). En la Figura 1 se muestra el rendimiento acumulado de plátano en respuesta a la aplicación de N y tensión de humedad; únicamente se consideraron los términos de la ecuación de regresión que fueron estadísticamente significativos, excluyéndose el coeficiente cuadrático de la tensión de humedad del suelo. En la gráfica se observa que para incrementar el rendimiento, a una misma tensión, se requiere aumentar la dosis de N; los máximos rendimientos de fruta se obtuvieron a tensiones cercanas a capacidad de campo y dosis de N de 300 Kg ha⁻¹.

Figura 1. Relación entre rendimiento de fruta acumulado (Mg ha⁻¹) de 4 floraciones de plátano y la tensión de humedad del suelo (kPa) a 03 m de profundidad



CONCLUSIONES. La interacción N x humedad tiene efecto positivo en el rendimiento del cultivo principal y sus rebrotes (floraciones) y en el rendimiento acumulado, siendo necesario aplicar de 290 a 300 Kg de N ha⁻¹ combinado con tensiones de humedad del suelo de 10 kPa o menores durante todo el ciclo de cultivo. Como sugerencia se recomienda efectuar otro estudio, pero modificando del espacio de exploración de tensión a valores cercanos a capacidad de campo, ya que el cultivo, extrae e inmoviliza cantidades considerables de agua y responde a altas dosis de N en el intervalo húmedo.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Davis, G. J. 1995. Managing plant nutrients for optimum water use efficiency and water conservation. *Advances in Agronomy*. 53: 85-120.
2. Goenaga, R. and H. Irizarry, 1995. Yield performance of banana irrigated with fractions of class A evaporation in a semiarid environment. *Agron. J.* 87:172-176

¹Investigadores del Campo Experimental Tecomán. INIFAP-Colima. Km 34.5 carretera Colima-Manzanillo. Tecomán, Col. Mex. perez.octavio@inifap.gob.mx.

EFFECTO DE LA HUMEDAD DEL SUELO Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL RENDIMIENTO DE BANANO (*Musa AAA Simmonds cv. Gran Enano*) EN COLIMA MÉXICO

SOIL MOISTURE AND NITROGEN FERTILIZATION EFFECT ON THE YIELD OF BANANA (*Musa AAA Simmonds cv. Giant Dwarf*) IN COLIMA MEXICO

Orozco R. J.¹; O. Pérez Z.¹; M. Orozco-Santos.¹ y M. Robles G.¹

SUMMARY. Banana crop (*Musa AAA.*) is the second largest most important fruit crop in Colima. Climate is semiarid, thus the plant requires irrigation; besides N fertilization practices are empirical. The objective was to test N doses (0 to 300 kg ha⁻¹) and soil moisture tension (10, 25, 45, and 75 kPa) on the yield of banana cv "Giant Dwarf". Findings showed that banana responded to N and soil moisture tension; the highest yield was obtained with N applications of 290 to 300 kg ha⁻¹ and soil moisture tension near to field capacity during the overall crop. A yield lineal decrease of (0.521 Mg ha⁻¹) was registered for each kPa that soil moisture was lowered.

INTRODUCCIÓN. En Colima el clima es semiárido; en consecuencia el cultivo de plátano requiere suplementarse con agua; sin embargo, el riego se aplica con periodicidad mayor a 30 días que ocasiona estrés hídrico y por ende baja producción de fruta. Por otra parte, la fertilización nitrogenada, aunque usual, se utiliza sin considerar el clima, el cultivar ni el tipo de suelo, consecuentemente el rendimiento medio estatal es de 25 TM ha⁻¹ por año (Robles y Orozco, 2003). Por lo anterior, el objetivo del trabajo fue determinar el uso óptimo del N y agua para maximizar el rendimiento de fruta del plátano.

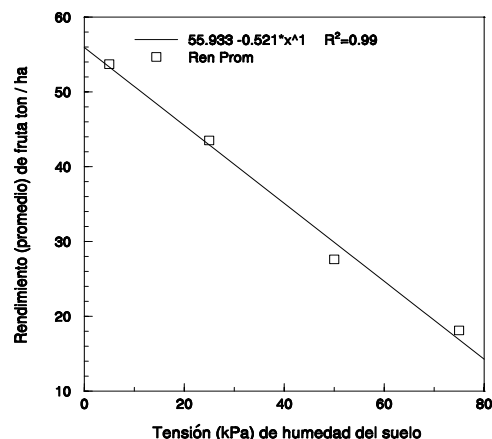
MATERIALES Y MÉTODOS. El estudio se realizó Tecomán, Colima de 1997 a 2000; las coordenadas son 18°57'07" latitud norte y 103° 50' 30.5.3" longitud oeste; la temperatura media anual es 26 °C y la precipitación media anual de 730 mm. El suelo tiene pendiente menor del 1%, 55 m de altitud; se clasificó como Calcisol vértico (FAO, 1991). El cultivar empleado fue "Gran Enano" a una distancia de plantación de 2.5 x 3.0 m (1333 plantas ha⁻¹), dejando dos plantas en producción por matero o cepa. El diseño experimental fue de parcelas divididas, cada tratamiento se repitió cuatro veces; la parcela experimental consistió de 25 cepas, dejando 9 cepas como parcela útil. Las parcelas grandes fueron cuatro tensiones de humedad objetivo: 10, 25, 50 y 75 kPa; las sub-parcelas cuatro dosis de N: 0, 100, 200 y 300 kg ha⁻¹; cada tratamiento se repitió cuatro veces.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. No obstante la condición semiárida de Colima el rendimiento de banano fue aceptable comparado con los de regiones que tienen condiciones más favorables para el cultivo. El abatimiento en rendimiento fue lineal conforme la tensión de humedad del suelo disminuyó (Figura 1); el decremento fue de 0.521 TM ha⁻¹ por cada unidad de kPa que la humedad se apartó de 10 kPa (tratamiento húmedo; el valor de este decremento en rendimiento, por efecto de estrés de agua, fue similar al obtenido en condiciones semiáridas (Goenaga y Irizarry, 1995). En consecuencia, la humedad del suelo debe mantenerse cerca de capacidad de campo para evitar estrés por agua. Para el promedio de las cuatro tensiones de humedad, la cantidad calculada de N para obtener el máximo rendimiento de fruta (dy/dx) fue 256, 217, 210 y 238 kg ha⁻¹ para la primera, segunda, tercera y cuarta floración, respectivamente.

CONCLUSIONES. Para mantener la alta productividad del plátano cv. "Enano Gigante" en Colima son necesarias la fertilización nitrogenada y, en especial, satisfacer las demandas de agua, debido a que el cultivo se realiza en un ambiente semiárido, siendo necesario aplicar de 290 a 300 kg de N ha⁻¹ combinado con

tensiones de humedad del suelo de 10 kPa o menores durante todo el ciclo de cultivo.

Figura 1. Relación entre rendimiento de fruta de plátano y tensión de humedad del suelo (kPa) a 0.3 m de profundidad



BIBLIOGRAFÍA.

1. Robles G. M. M. y J. Orozco R. 2003. Producción y manejo en campo de plantas de plátano propagadas mediante las técnicas de cultivo de tejidos vegetales. Folleto para productores núm. 2. Tecomán, Col. Méx.
2. Goenaga R. and H. Irizarry, 1995. Yield performance of banana irrigated with fractions of class A evaporation in a semiarid environment. Agron. J. 87:172-176

¹Investigadores del Campo Experimental Tecomán. INIFAP-Colima. Km 34.5 carretera Colima-Manzanillo. Tecomán, Col. Mex. Orozco.jose@inifap.gob.mx perez.octavio@inifap.gob.mx



FITOSANIDAD
PLANT PROTECTION

ENFERMEDADES DE BANANOS Y PLATANOS (*Musa spp*) EN MÉXICO

BANANA AND PLANTAIN (*Musa spp*) DISEASES IN MEXICO

Orozco-Santos, M.¹, Orozco-Romero, J.¹, Velásquez-Monreal, J.¹, Manzo-Sánchez, G.² y Guzmán-González, S.²

SUMMARY. Banana and plantain crops in Mexico are affected by diseases caused by fungus, nematodes, bacteria and viruses. Black sigatoka is the most important disease affecting bananas in the country. Burrowing nematode cause severe damages in Cavendish bananas. Race 1 of Panama disease is a serious problem in plantain Cv. Manzano (*Musa AAB*) in the Western of Mexico. Other diseases are: moko disease, cordana leaf spot, sotly mold, anthracnose, fruit crown rot, cucumber mosaic virus and banana streak virus.

INTRODUCCIÓN: Los bananos y plátanos (*Musa spp*) se cultivan en las regiones tropicales de México. Para el año 2003, se reportó una superficie establecida de 77,301 hectáreas. Los principales estados productores son Chiapas, Tabasco, Veracruz, Colima, Nayarit, Oaxaca, Michoacán y Jalisco (SAGARPA, 2003). Las enfermedades representan uno de los factores más importantes que reducen la producción del cultivo, siendo las más importantes: sigatoka negra, nematodo barrenador, mal de panamá, moko y mosaico del pepino. El presente trabajo es una revisión de las principales enfermedades que afectan a las musáceas en México y se citan algunas potencialmente peligrosas en caso de ser introducidas (1,2).

Clasificación de enfermedades: Existen factores que determinan el impacto y la importancia de las enfermedades en musáceas: 1) distribución, 2) daños ocasionados y 3) recursos destinados para su manejo, investigación y sustentabilidad. La sigatoka negra es la enfermedad de mayor impacto en México y en el mundo, por su amplia distribución, pérdidas en la producción y la cantidad de recursos empleados para su control e investigación. Otras enfermedades como el nematodo barrenador es importante en algunas áreas; sin embargo, no se compara con los graves daños que causa la sigatoka negra.

Enfermedades presentes en México

Sigatoka negra. Es la enfermedad más importante en México y se encuentra presente en todas las áreas productoras de banano y plátano. Es causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. El control químico es la alternativa más común en los bananos comerciales. El control de la enfermedad representa del 30 a 40% de los costos de producción. La enfermedad se combate con programas de aspersión de fungicidas protectantes y ocasionalmente sistémicos. Es más severa en regiones del trópico húmedo (Tabasco y Veracruz), en donde se aplican de 40 a 52 ciclos de aspersión de fungicidas. En el trópico seco (Colima, Jalisco, Michoacán y Nayarit), su comportamiento es estacional, siendo más importante durante la época de lluvias (Julio a Octubre). Se hacen de 25 a 35 ciclos de aspersión. En países como Costa Rica y Cuba existen razas agresivas del hongo que son capaces de infectar algunos híbridos de la FHIA. Este fenómeno no ha sido observado en México.

Nematodo barrenador. El nematodo *Radopholus similis* se detectó desde 1968 en el estado de Tabasco y actualmente se encuentra presente en las regiones productoras de la costa del Golfo de México y Océano pacífico. El daño más obvio del nematodo es el volcamiento de las plantas. Se han encontrado poblaciones hasta de 95 mil nematodos por 100 g de raíces con un 60% de raíces destruidas y pérdidas en rendimiento de un 24%. Su manejo depende en gran medida de nematicidas sintéticos. Sin

embargo, existe una tendencia en el uso de productos orgánicos y prácticas culturales para reducir poblaciones.

Mal de panamá. Esta enfermedad es particularmente importante en el Occidente de México (Nayarit) por las grandes extensiones que se cultivan de plátano Manzano (*Musa AAB*). Es causada por la raza 1 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*, la cual está ampliamente diseminada en la región. No existen métodos de control seguros para combatir la enfermedad. En áreas nuevas al cultivo, el uso de plantas obtenidas a través de cultivo de tejido es una alternativa viable para reducir su diseminación.

Moko del plátano. En México se ha reportado la raza 2 de la bacteria *Ralstonia solanacearum* en los estados de Chiapas y Tabasco. Afecta la mayoría de los cultivares comerciales de musáceas. En plantaciones afectadas con moko se aplican programas de detección y erradicación.

Otras enfermedades. Existen enfermedades que se presentan ocasionalmente y otras que requieren atención permanente en postcosecha. Entre ellas se encuentran: mancha foliar por *Cordana*, mosaico del pepino, pudrición del corno por *Erwinia*, pudrición de la corona y antracnosis.

Enfermedades potenciales

Existen algunas enfermedades que representan una seria amenaza en caso de ser introducidas en México

Mal de Panamá raza 4. La raza 4 de *F. o. f. sp. cubense*, que afecta bananos Cavendish en el sureste asiático y norte de Australia, es un patógeno potencialmente peligroso para la producción de bananos en México y el resto de los países productores del continente Americano. El 85% de las musáceas cultivadas en México corresponden a bananos Cavendish, los cuales son susceptibles a esta enfermedad.

Bunchy Top (BBTV). Enfermedad causada por un virus que se encuentra ampliamente distribuida en parte de Asia y África. Se transmite por medio del pulgón *Pentalonia nigronervosa* pulgones y causa severos daños en la producción de bananos. El bunchy top no se ha detectado en el continente americano.

Otras enfermedades. El mosaico de las brácteas (BBrMV) es una enfermedad viral transmitida por pulgones que se encuentra presente en India y Filipinas. Otra enfermedad potencial es la mancha foliar causada por *Mycosphaerella eumusae* presente en algunos países de Asia y Nigeria.

CONCLUSIONES

La sigatoka negra es el problema fitosanitario más importante de bananos en México. A través del tiempo ha sido evidente la capacidad evolutiva y de adaptación del patógeno por sus características de biología y ciclo de vida.

BIBLIOGRAFÍA

- Orozco-Santos *et al.*, 2001. *In*: Enfermedades y normatividad de frutales del Pacífico-Centro de México. (1ª Ed.) Soc. Mex. de Fitopatología. p. 24-48.
- Ploetz *et al.*, 1994 (Eds). Compendium of tropical fruit diseases. APS Press. 88 p.

¹ INIFAP, Campo Experimental Tecoman. Tecoman, Colima, México.

² Universidad de Colima, FCBA. Tecoman, Colima, México

LA SIGATOKA NEGRA EN BANANOS Y PLATANOS: EL CASO DE MÉXICO

BLACK SIGATOKA OF BANANAS AND PLANTAINS: THE CASE OF MEXICO

Mario Orozco-Santos¹⁴ y José Orozco-Romero¹

Importancia del cultivo en México. En México se cultivan 77,301 hectáreas de bananos y plátanos que producen más de 2.2 millones de toneladas de fruta, de las cuales el 95% se destina al consumo nacional. Las áreas productoras se localizan en las regiones tropicales de la costa del Golfo de México y Océano Pacífico. Los grupos taxonómicos más importantes que se cultivan en México son: AAA (Enano Gigante y Valery, Subgrupo Cavendish), AAB (Macho y Dominico, Subgrupo Plantain), AAB (Manzano), ABB (Pera o Cuadrado) y AA (Dátil) (Orozco-Romero et al., 1998).

Importancia de sigatoka negra. La sigatoka negra es una de las enfermedades más destructivas en el mundo. La severidad de este tipo de patógenos se magnifica en un sistema agrícola como el de las musáceas, en el cual la propagación vegetativa (reproducción asexual) (Clay y Kover, 1996) y su cultivo en grandes extensiones de tierra de un clon genéticamente uniforme lo hace altamente vulnerable a ataques epidémicos de la enfermedad. A partir de 1981, la producción comercial de bananos y plátanos en México está siendo afectada por la introducción de la enfermedad conocida como sigatoka negra, la cual sin duda es el principal problema fitosanitario de este frutal en México y en la mayoría de los países productores del mundo (Orozco-Santos, 1998). El primer reporte oficial del hongo causante de la sigatoka negra afectando plantaciones comerciales de banano y plátano en México fue de los estados de Chiapas y Tabasco en el Sudeste del país en 1981. Sin embargo, la enfermedad fue observada por primera vez en el área de Tapachula (Chiapas) a finales de 1980 (Contreras, 1983). Posteriormente, la sigatoka negra se diseminó hacia los estados de Veracruz y Oaxaca en 1985. En la región del Pacífico-Centro, la sigatoka negra se detectó por primera vez en el estado de Colima en 1989 y un año después se diseminó a los estados vecinos de Michoacán, Jalisco y Guerrero. En Noviembre de 1994, la enfermedad fue encontrada en el estado de Nayarit. Con este último registro, la enfermedad se encuentra en todas las áreas productoras de Musáceas en la República Mexicana (Orozco-Santos, 1998; Orozco-Santos et al., 2001).

Impacto de la enfermedad y del control químico. El impacto de la sigatoka negra ha sido devastador en las regiones bananeras de México. Cuando ocurrió la primera epidemia de la enfermedad, se presentaron pérdidas en la producción de fruta que oscilaron entre un 50 a 100%, aunado a una marcada reducción en la superficie dedicada al cultivo de este frutal. La aparición de sigatoka negra en las áreas bananeras provocó cambios en el manejo de las plantaciones, especialmente en los programas de aspersión de fungicidas para su combate. En México, hasta antes de la década de los 80, la enfermedad conocida como chamusco o sigatoka amarilla (*M. musicola*) era el problema fitosanitario más importante que afectaba el follaje del cultivo. Este patógeno no requería de un estricto programa de aspersión de fungicidas. Sin embargo, con la introducción de la sigatoka negra a territorio nacional se modificaron notablemente estos programas de control, por lo que hubo necesidad de utilizar fungicidas más potentes y con intervalos de aplicación más cortos. Se estima que el combate de sigatoka negra ocupa entre un 35 a 45% del total de costos de producción del cultivo. Asimismo, hubo cambios en el manejo de las plantaciones con tendencia a una mayor tecnificación del cultivo (nutrición, densidad de población, deshoje, control de plagas, enfermedades y malezas), lo que trajo como consecuencia un incremento en el rendimiento y calidad del fruto por unidad de

superficie (Orozco-Santos, 1998; Orozco-Santos et al., 2001).

Manejo de sigatoka negra en México. Hasta finales de la década de los 90, en la región bananera del Golfo de México, se requerían de 20 a 25 aplicaciones de fungicidas con el programa tradicional de sistémicos-protectantes en el área de San Rafael, Veracruz, mientras que en el estado de Tabasco eran necesarias de 30 a 35 ciclos de aspersión. Durante la temporada de lluvias se utilizaban fungicidas sistémicos en mezclas simples o compuestas, a intervalos de 10 a 12 días. En cambio en el período seco, se usaban preferentemente fungicidas de contacto con una periodicidad de 14 días (Ramírez y Rodríguez, 1996). A partir de 1996, se implementaron programas de aspersión mediante el uso exclusivo de fungicidas protectivos (principalmente Mancozeb) para el combate de la enfermedad, en los cuales se evita el uso de citrolina. Los intervalos de aplicación varían de 7 a 12 días dependiendo de la época del año. Con los programas de protectantes se aplican de 40 a 52 aplicaciones anuales.

En el Pacífico Centro, el número de aplicaciones de fungicidas sistémicos-protectantes necesarias para el control de sigatoka negra fluctuaba entre 15 a 20. Durante la época de lluvias (junio a octubre) y formación de rocío (noviembre a enero), la sigatoka negra se controlaba con aplicaciones aéreas de fungicidas de acción sistémica a intervalos de 14 a 21 días, mientras que en la época seca (enero a mayo) se emplean fungicidas protectivos o sistémicos cada 25 a 40 días (Orozco-Santos, 1998). Con la implementación de los programas de protectantes a base del fungicida Mancozeb o Clorotalonil, se realizan aplicaciones semanales durante la época de lluvias y cada 10 a 14 días durante la época seca, que en su totalidad suman de 30 a 35 aplicaciones por año.

Finalmente, en el Pacífico Sur se requerían anualmente hasta 35 aplicaciones de fungicidas con el programa de sistémicos-protectantes. Durante el tiempo de lluvias, se hacía un uso intensivo de fungicidas sistémicos con una periodicidad de 10 a 14 días, mientras que en la época seca se alternaba la aplicación de fungicidas sistémicos y protectivos. En esta región al igual que en el Golfo de México, se hace uso exclusivo de fungicidas protectivos (Clorotalonil y Mancozeb). Durante la época de lluvias se realizan aplicaciones semanales y durante la época seca cada 10 a 14 días.

Investigación sobre Sigatoka negra en México. La investigación en México sobre Sigatoka negra ha sido orientada hacia aspectos de biología del hongo, epidemiología, evaluación de germoplasma, control químico, preaviso biológico y recientemente se han iniciado estudios sobre resistencia a fungicidas, diversidad genética del hongo y transformación genética. En la región del Golfo de México (Tabasco), la investigación se ha enfocado a estudios sobre biología, epidemiología, efecto de prácticas culturales, control químico, evaluación de germoplasma y sensibilidad del hongo a fungicidas (Ramírez y Rodríguez, 1996). En el Pacífico Centro, la investigación se ha desarrollado principalmente en el estado de Colima. Las líneas de investigación se han orientado hacia epidemiología, control químico, preaviso biológico, control biológico, diversidad genética del patógeno, evaluación de clones resistentes a sigatoka negra y pruebas de sensibilidad a fungicidas (Orozco-Santos, 1998). Asimismo, en la región del Pacífico Sur (Chiapas) los estudios sobre Sigatoka negra han sido enfocados hacia epidemiología, prácticas culturales y control químico.

BIBLIOGRAFIA

1. Clay, K., and Kover, P. 1996. Ecology 77:997-1003.
2. Contreras, M. de E.M. 1983. Revista de Geografía Agrícola 4: 61-102.
3. Orozco-Romero, J. et al., 1998. Mem. Simp. Int. sigatoka negra. SAGAR, INIFAP, INIBAP. Manzanillo, Colima, México. P. 112-121.
4. Orozco-Santos, M. 1998. SAGAR, INIFAP, CIPAC. Tecmán, Colima, México. Folleto técnico No. 1. 95 p.
5. Orozco-Santos, M., et al., 2001. INFOMUSA 10(1):33-37.
6. Orozco-Santos, M., et al., 2002. XV Reunión ACORBAT 2002. Cartagena de Indias, Colombia. p. 119-124.

¹⁴INIFAP. Campo Experimental Tecmán. Tecmán, Colima, México. orozco.mario@inifap.gob.mx y orozco.jose@inifap.gob.mx

ANÁLISIS DEL IMPACTO ECONOMICO SOBRE EL CULTIVO DEL PLATANO EN PUERTO RICO ANTE LA POSIBLE INTRODUCCION DE LA SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella fijiensis*)

ECONOMIC IMPACT ANALYSIS ON THE PLANTAIN COMMODITY IN PUERTO RICO DUE TO A POSSIBLE INTRODUCTION OF BLACK SIGATOKA (*Mycosphaerella fijiensis*)

Alamo, C.I.¹, M. Cortés² y J. Palacios³

SUMMARY: Plantain is the most important crop in Puerto Rico. As of May 2004, Puerto Rico is free of Black Sigatoka. The preliminary economic analysis for a possible introduction reports a chemical control cost of \$408.0/acre/year (\$1,020.0/ha/year) and a profit mean reduction of \$3,308.8/acre/año (8,272.0/ha/año) with yield loss from 20.0% to 80.0%.

INTRODUCCION: El cultivo de plátanos es la cosecha de mayor importancia económica en Puerto Rico, representa el 21.0% del ingreso total generado a nivel de la finca por las cosechas. El ingreso bruto agrícola medio anual generado por los plátanos de 1997 al 2002 fue de \$48.6 millones (1). A la fecha de mayo de 2004 Puerto Rico se encuentra libre de Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*) Considerando la diseminación de la enfermedad a través del Caribe y su cercanía a la isla, se analizó el impacto económico a nivel de la finca de una posible introducción.

MATERIALES Y METODOS: Se actualizó el análisis ingreso-costo del cultivo de plátanos en Puerto Rico presentado en el Conjunto Tecnológico para el Cultivo de Plátanos (2). Se estimaron los costos de las prácticas del control químico terrestre basado en un aumento de 15.0% sobre los costos totales de la producción (3). Se establecieron 3 escenarios de pérdidas en el rendimiento de 20.0%, 60.0% y 80.0%.

RESULTADOS Y DISCUSION: Se estimó el costo de control de Sigatoka Negra en \$408.0/acre/año (\$1,020.0/ha/año). Se estimó la pérdida en el ingreso neto correspondiente a la reducción en el rendimiento de la plantación de, 20.0%, de 60.0% y de 80.0%. Se registró una posible reducción en el ingreso neto de \$1,240.8/acre (\$3,102.0/ha.) para pérdidas de 20.0% de la producción, de \$3,722.4/acre (\$9,306.0/ha) para el 60.0% y de \$4,963.2/acre (\$12,408.0/ha) para el 80.0%. A la fecha de este análisis la razón media ingreso-costo de la producción de plátanos se estima en 2.0. La posible introducción de la Sigatoka Negra podría ocasionar una razón ingreso-costo de 1.6 con pérdidas en producción de 20.0%, de 0.8 para el 60.0% y de 0.4 para el 80.0%.

CONCLUSION: La posible introducción de la Sigatoka Negra a Puerto Rico reduciría el ingreso neto en 40.3%, en 121.0% y en 161.3% para pérdidas en rendimiento de 20.0%, de 60.0% y de 80.0% respectivamente. La reducción media en ganancia para pérdidas en rendimiento de 20.0%, de 60.0% y de 80.0% fue \$3,308.8/acre/año (8,272.0/ha/año).

Tabla 1. Análisis Ingreso-Costo para Tres Escenarios de Pérdida en Rendimiento Causadas por la Posible Introducción de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*) a Puerto Rico.

Renglón	Porcentaje de pérdida en rendimiento	(\$/acre/año)
Costos totales (Control químico terrestre)	0%	3127.1 3127.1 3127.1 3127.1
Ingreso bruto	20%	6204.8 4963.2 2481.6 1240.8
Ingreso neto	60%	3076.9 1836.1 -645.5 -1886.3
Razón ingreso-costo	80%	2.0 1.6 0.8 0.4

BIBLIOGRAFIA

1. Departamento de Agricultura de Puerto Rico 2002 Ingreso Bruto Agrícola de Puerto Rico 2001/02 – 2002/03, Oficina de Estadísticas Agrícolas San Juan, Puerto Rico.
2. Estación Experimental Agrícola 1986 Conjunto Tecnológico para el Cultivo de Plátanos
3. Ploetz, Randy, Tropical Research and Education Center, University of Florida, IFAS, Homestead.

<http://www.iicasaninet.net/pub/sanveg/html/aps/banano/sigatokane gra.htm>

¹Economista Agrícola, Departamento de Economía Agrícola y Sociología Rural, Estación Experimental Agrícola, Colegio de Ciencias Agrícolas, Recinto Universitario de Mayaguez Universidad de Puerto Rico, Jardín Botánico Sur, 1193 Calle Guayacán, S.J., P.R. 00926-1118 carmen_alamo@cca.uprm.edu

²Economista Agrícola, Departamento de Economía Agrícola y Sociología Rural, EEA, CCA, RUM, UPR

³Estudiante Graduada, "Food \$ Resource Economics Department, UFL, Gainesville"

OBTENCIÓN DE LAS PRIMERAS POBLACIONES F₁ DE *Mycosphaerella fijiensis* PARA EL MAPEO GENÉTICO

CONSTITUTION OF THE FIRSTS F₁ POPULATIONS OF *Mycosphaerella fijiensis* FOR GENETIC MAPPING

Manzo-Sánchez G.¹, Zapater M.-F.², James A.³ y Carlier J.².

SUMMARY. The fungus *Mycosphaerella fijiensis* causal agent of black leaf streak disease of bananas and plantains (*Musa* spp.) is the most important banana disease worldwide. The constitution of F₁ populations necessary for genetic mapping has not been reported. Therefore this study is the first step for genetic mapping. Here we report the constitution of three F₁ populations, under *in vitro* conditions, from isolates genetically and phenotypically divergent. One F₁ population will be used for the construction of the first genetic map of *M. fijiensis*, using DNA markers.

INTRODUCCIÓN. Los bananos y plátanos se cultivan ampliamente en las regiones tropicales y subtropicales. La producción es severamente afectada por la sigatoka negra, causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* afectando severamente el sistema foliar de la planta. Este hongo es heterotálico y sus poblaciones son de apareamientos al azar. Un alto nivel de diferenciación genética se ha detectado entre continentes (1), provocando la aparición de nuevos genotipos capaces de tolerar fungicidas y causar daños a hospederos resistentes. Por lo tanto, surge la necesidad de implementar nuevas alternativas para su control. El desarrollo de mapas genéticos es esencial para obtener un conocimiento básico sobre el genoma y para identificar genes de interés tales como los que están involucrados en la patogenicidad del hongo. La construcción de un mapa genético se lleva a cabo mediante la frecuencia de recombinación entre dos individuos genéticamente diferentes llevadas a cabo bajo condiciones manipuladas. Es por eso que se estudio la compatibilidad sexual bajo condiciones *in vitro* entre varios aislados procedentes de diferentes países, hospederos y nivel de agresividad para obtener poblaciones F₁ de *M. fijiensis* para el mapeo de este hongo.

MATERIALES Y MÉTODOS. El experimento se llevo a cabo en el Laboratorio de Biología y Genética de las Interacciones Planta-Patógenos del CIRAD, Francia. Se seleccionaron 12 aislados de *M. fijiensis* (Cuadro 1). Se formaron parejas principalmente entre aislados de distintos continentes para maximizar la variación genética entre los padres. El micelio de los aislados fue licuado y este se cultivo en medio V8 modificado (100 ml jugo V8, 0.2 g de CaCO₃, 20.0 g de Agar por litro, pH 6.0), por último se colocó celofán estéril sobre el micelio, se cultivaron durante 35 días a 20 °C con luz continua (4). La observación de peritecios se llevo a cabo a los 25 y 35 días con la ayuda de un microscopio estereoscópico. Los peritecios fértiles fueron colectados con una aguja de disección estéril y colocados en medio agar, enseguida se uso una punta globosa de pipeta Pasteur para expulsar las ascosporas contenidas dentro de las ascas. Finalmente, ascosporas fueron cultivadas en medio PDA a 25 °C con 12 h luz/12 h oscuridad para constituir poblaciones F₁.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. Los resultados indican compatibilidad sexual entre algunos aislados los cuales formaron peritecios fértiles que presentaron ascas conteniendo ascosporas (Cuadro 2), estos resultados fueron más eficientes en la producción de ascosporas que otros trabajos reportados (4,2). Las parejas que no fueron compatibles mostraron la presencia de peritecios no fértiles y estructuras parecidas a peritecios. El tiempo (25 días) en que se logro obtener peritecios fértiles de algunas parejas fue menor a lo reportado en otros trabajos (2).

El DNA genómico de 6 aislados (86 +, 89 -, 138 +, 139a -, 1231 - y 1240 +) están siendo analizados para localizar el cromosoma conteniendo el locus MAT, en colaboración con el Dr. G. Kema del PRI (Plant Research International), Holanda. Las poblaciones F₁ obtenidas de cultivos monoascospóricos se constituyeron de tres parejas, 126 cultivos monoascospóricos se obtuvieron de 139a x 86; 101 de G1 x 138 y 123 de G1 x 1233. La población F₁ de 139a x 86 esta siendo utilizada para construir el primer mapa genético de *M. fijiensis* usando marcadores de ADN. La construcción de un mapa genético y su eventual integración con un mapa físico podría ayudar a la identificación y caracterización de genes de interés tales como a los que están involucrados en la patogenicidad del hongo (3).

Cuadro 1. Características de los aislados *Mycosphaerella fijiensis* usados para constituir poblaciones F₁

Cod.	Mating type*	Cultivar	País	Colector
G1	?	Cavendish	Filipinas	X. Mourichon
86	+	-----	Camerún	X. Mourichon
89	-	-----	Camerún	X. Mourichon
138	+	Figue suc	Colombia	T. Lescot
139a	-	French Plantain	Colombia	T. Lescot
282	?	T8	Tonga	R. Fullerton
1229	?	Enano gigante	México	A. James
1231	?	Enano gigante	México	A. James
1233	?	Enano gigante	México	A. James
1239	?	Yangambi	Camerún	A. Mouliom-Perfoura
1240	?	Yangambi	Camerún	A. Mouliom-Perfoura
1241	?	Yangambi	Camerún	A. Mouliom-Perfoura

* Tipo de apareamiento.

Cuadro 2. Parejas de *Mycosphaerella fijiensis* que formaron peritecios fértiles.

	86	89	139a	138	1229	1231	1233
	+	-	-	+	-	-	+
89 -				*			*
86 +			*		*	*	
G1 -				*			*
282							
1239							
1240 +					*	*	
1241							

* Peritecios fértiles

^m Mating type+ ó -

CONCLUSION. En este estudio se reportan las primeras poblaciones F₁ obtenidos de *M. fijiensis* bajo condiciones *in vitro*. Se obtuvieron 3 poblaciones F₁ de aislados que son genéticamente divergentes entre ellos, es por esto que la población F₁ de 86 x 139a se este analizando para construir el primer mapa genético del patógeno causante de la sigatoka negra de bananos y plátanos, esto permitirá en un futuro cercano la caracterización de genes de interés.

BIBLIOGRAFIA

1. Carlier J., Lebrun M.H., Zapater M. Dubois C. and Mourichon X. 1996. Molecular Ecology 5:499-510.
2. Etebu E., Pasberg-Gauhl C., Gauhl F., and Daniel-Kalio L.A. 2003. Phytoparasitica 31:1-7.
3. Kema, G.H.J., Goodwin, S.B., Hamza, S., Verstappen, E.C.P., Cavaletto, J.R., Van der Lee, T.A.J., de Weerd, M., Bonants, P.J.M., and Waalwijk, C. 2002. Genetics 161:1497-1505.
4. Mourichon X., et Zapater M.F. 1990. Fruits 45:553-557.

¹CICY-Mérida, Yucatán. Estudiante de Doctorado en Biotecnología.

²CIRAD-Baillarguet, Francia. Investigador.

³CICY-Mérida, Yucatán. Profesor Investigador titular.

DEGRADACION ENZIMATICA DE LA PARED CELULAR DEL HONGO *Mycosphaerella fijiensis* MORELET

ENZYMATIC DEGRADATION OF CELL WALLS OF *Mycosphaerella fijiensis* MORELET

Riveros A.S.¹⁸, J.A Borja.¹⁹ y L.G. Díaz²⁰

SUMMARY. The purpose of this research was to determine presence and distribution of chitin and glucan in the cell wall of *Mycosphaerella fijiensis* Morelet fungus, causal agent of black Sigatoka in Musa crops. *M.fijiensis* 09FCOL strain, collected in Tolima-Colombia was used. Fungus subcultures of 4, 8 and 12 days of age were employed, to which enzymatic chitinase and glucanase solutions were applied. Treatments effect on fungus growth hyphae was monitored using two plants lectins marking: the Concanavaline A and the Wheat Germ Agglutinin. Results obtained revealed that the fungus cell wall has indeed chitin and glucan, which were affected in higher or lesser percentage of cell wall degradation when the enzymatic treatments were applied and that the combination of both enzymes (glucanase and chitinase) used as a mixture, produced an important and significant degradation effect.

INTRODUCCION. La Sigatoka negra causada por *Mycosphaerella fijiensis*, es la enfermedad foliar más limitante en el cultivo de banano y plátano. La ingeniería genética hace esfuerzos en insertar genes que codifican para proteínas relacionadas con la patogenicidad como: beta-1,3-glucanasa y quitinasa. Estas enzimas se justifican, dado que estudios han demostrado que la arquitectura de la pared celular de hongos Ascomycetes contiene quitin y glucan. La degradación de estas enzimas, es suficiente para disminuir el avance del extremo de la hifa de un hongo en crecimiento (Wessels and Sietsma 1990; Arlorio *et al* 1992). El objetivo fue el de estudiar el contenido y evaluar la degradación de la pared celular de *M. fijiensis* mediante la utilización de soluciones enzimáticas y marcación con lectinas.

MATERIALES Y METODOS. El experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Protección de Plantas, Universidad del Tolima (Colombia), localizado a 1.160 msnm. Se utilizó la cepa 09FCOL de *M.fijiensis*, colectada en municipio de Falan (Tolima-Colombia) a una concentración de 2×10^5 conidios/ml. 500 µl de suspensión del hongo proveniente de subcultivos de 4, 8 y 12 días de edad, fueron distribuidos en tubos Eppendorf centrifugados a 4000 rpm durante 10 min. El precipitado de conidios de *M. fijiensis* se incubó durante 3 horas con 40 µl de: control: agua destilada; T1: Quitinasa (75ng/µl); T2: Glucanasa (93ng/µl) y T3: Quitinasa (75ng/µl) + Glucanasa (93ng/µl), en todos los casos los enjuagues se realizaron con un tampón fosfato salino (PBS pH=7.3). Separadamente el precipitado obtenido, se incubó con las lectinas para el marcaje respectivo unas con la lectina WGA (SIGMA L-4895, FITC-20 µl a [50 µg/ml) y otras Con A (SIGMA C-7642, FITC-20 µl a [100 µg/ml) durante 20 min. En la oscuridad, luego se realizaron dos lavados con PBS y observadas al microscopio a fluorescencia (100X). El diseño utilizado fue un arreglo factorial de dos factores (Factor A=edades y Factor B=soluciones enzimáticas) para cada una de las lectinas con 3 replicas y 5 campos de observación. Para la diferencia entre factores se empleo la prueba de significancia de Duncan. Las enzimas beta, 1,3 glucanasa y quitinasa fueron facilitadas por el Dr. Rafael Arango de la Corporación de Investigaciones Biológicas "CIB" de Medellín y aisladas desde hojas de tabaco, clase I de tipo básicas.

RESULTADOS Y DISCUSION. El análisis de varianza utilizando tanto para la lectina WGA como Concanavalina A, muestran efectos sobre la degradación de la pared celular de *M. fijiensis* en los tratamientos combinados de las soluciones enzimáticas (glucanasa+quitinasa) con diferencias altamente significativas respecto a las restantes soluciones, seguido por la quitinasa. Mientras que, la glucanasa trabajando por separado, no muestra diferencias significativas en referencia al testigo absoluto agua (Tablas 1 y 2).

Tabla 1. Análisis de varianza para las edades (días) y las soluciones enzimáticas utilizando la lectina WGA para evidenciar el quitin de la pared celular de *M. fijiensis*.

F de V	G.L	S.C	C.M	F	F	
					0.05	0.01
Tratamientos C	11	11447.221	1040.656	30.583 **	2.25	3.17
Edades	2	334.722	167.361	4.918 *	3.40	5.61
Soluciones enzimáticas	3	10158.334	3386.111	99.510 **	3.01	4.71
ExS	6	954.165	159.028	4.673 **	2.51	3.67
Error	24	816.668	34.028			
Total	35	12263.889	350.397			

Tabla 2 Análisis de varianza para las edades (días) y las soluciones enzimáticas utilizando la lectina Con A para evidenciar el glucan de la pared celular de *M. fijiensis*.

F de V	G.L	S.C	C.M	F	F	
					0.05	0.01
Tratamientos C.	11	20074.306	1824.937	31.662 **	2.25	3.17
Edades	2	68.057	34.028	0.590 NS	3.40	5.61
Soluciones enzimáticas	3	16802.082	5600.694	97.169 **	3.01	4.71
ExS	6	3204.167	534.028	9.265 **	2.51	3.67
Error	24	1383.332	57.639			
Total	35	21457.639	613.075			

CONCLUSION. Se determinó la existencia de contenidos de quitin y glucan en la pared celular de *M. fijiensis*, la edad del desarrollo de las hifas no influye significativamente sobre la degradación de la pared celular al aplicar los diferentes tratamientos, excepto en uno de los casos de quitin, donde si se vio un ligero efecto. Los resultados coinciden con innumerables investigaciones en el ámbito molecular, en diferentes relaciones parasitarias donde estos genes de glucanasas y quitinasas básicas o ácidas, han sido insertados en cultivares susceptibles y funcionaron exitosamente al estar juntos en cassette de inserción que al estar separados. En el caso de la relación parasitaria *Musa-M.fijiensis* estos resultados están de acuerdo con aquellos que estudiaban la actividad antifúngica de estas mismas enzimas y lo comparaban con el efecto causado sobre el hongo tratado con fungicidas comerciales (Díaz *et al* 1998). Cabe señalar, que prácticamente ningún gen de beta 1,3 glucanasa o quitinasa ha sido aislado, a la fecha, directamente desde tejido de banano o plátano infectado por este patógeno.

BIBLIOGRAFIA.

1. Arlorio M, A Ludwig, T Boller and P Bonfante. 1992. Protoplasma 17: 34-43.
2. Wessels JGH and JH Sietsma. 1990 In: Encyclopedia of Plant Physiology (Tanner W and FA Loewus eds.). New York. pp. 352-394.
3. Díaz T., D. Castañeda y R. Arango 1998. Resúmenes. III Encuentro Latinoamericano REDBIO. Cuba, pp. 3

¹ Investigador Asociado. Unidad de Fitoprotección, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza "CATIE". Convenio U Tolima-CATIE. Turrialba, Costa Rica. E-mail: asrivero@catie.ac.cr.

^{2,3} Laboratorio de Protección de Plantas. Universidad del Tolima, Departamento de Biología, Ibagué, Tolima, Colombia.

ASPECTOS MORFO-ANATÓMICOS Y MOLECULARES DE LA INFECCIÓN "IN VITRO" DE PLANTAS DE PLÁTANO CV. HARTÓN (AAB) POR EL HONGO *Mycosphaerella fijiensis*.

MORFOANATOMICAL AND MOLECULAR ASPECTS OF "IN VITRO" INFECTION OF PLANTAIN CV. HARTON, BY THE FUNGUS *Mycosphaerella fijiensis*

García, E.¹ de, A. Mejías², T. E. Vargas³, A. Ramírez⁴

SUMMARY. Banana and plantain constitute very important crops from the socio-economical point of view, representing the fourth most valuable agricultural crop in the world. These vital crops are the target of a leaf disease known as Black Sigatoka, caused by the fungi *Mycosphaerella fijiensis*. The analysis of the morpho-anatomical and molecular aspects of the fungus infection process is crucial for an adequate disease control. To carry out these experiments an "in vitro" infection system for *Musa* plants cv. Harton, was designed. The protocol consists of several steps: 1-Establishment of monoasporic culture of the fungus. 2-Reculture of the fungus in V8 liquid medium. 3-Preparation of the fungus inoculum by homogenization of the mycelium. 4-Induction of the fungus infection. The controls of these experiments were *Musa* clones resistant and susceptible to Black Sigatoka, and non-infected Harton plants, growing *in vitro* conditions. Morphological and anatomical events were recorded during the evolution of the process. After 38 days a differential expression analysis of resistance genes analogues was performed in the Harton infected plants, versus Harton non infected plants, and resistant and non resistant *Musa* clones. Our results showed different events that occurred during the infection process. It was also observed that the fungus only infected the leaves when it was directly inoculated. The molecular analysis showed a differential expression of some of the *Musa* resistance gene analogues in the treated plants in relation to the control plants.

INTRODUCCIÓN. El banano y el plátano constituyen dos de los cultivos de mayor intercambio mundial. Asia y América son sus mayores productores, por lo tanto en la comercialización de estos cultivos se observa un flujo de exportación de países con menor desarrollo hacia países desarrollados. Para el año 2002 se alcanzó una producción mundial de banano y plátano de 69,8 millones de toneladas métricas, siendo la India el principal productor con una producción total de 16,4 millones de toneladas métricas. En este sentido se puede aseverar que los cultivos de banano y plátano son muy importantes y se ubican como el cuarto producto agrícola en importancia mundial y proveen más de un cuarto de la calorías consumidas por los habitantes de muchas partes de África (3). Sin embargo el recurso vital que constituyen estos cultivos, está amenazado por la Sigatoka Negra, una enfermedad de la hoja causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis*, el cual ataca las hojas causando necrosis en el tejido foliar, lo que altera la fisiología de la planta debido a la reducción de la capacidad fotosintética de la misma, y a su vez determina una disminución en el desarrollo del racimo que puede causar una reducción de la cosecha hasta un 50%. Es por ello que el análisis de aspectos morfo-anatómicos y moleculares del proceso de infección de *Mycosphaerella fijiensis* son relevantes en la búsqueda del control de la enfermedad.

MATERIALES Y MÉTODOS. La experiencia se inició con la obtención de los cultivos monoasporicos del hongo *Mycosphaerella fijiensis* a partir de hojas que presentaban síntomas de la enfermedad Sigatoka Negra en diferentes cultivares de banano cultivadas en una parcela de investigación en Ocumare de la Costa, Estado Aragua; siguiendo la metodología establecida por CORBANA (1).

Las colonias del hongo obtenidas de esta manera, se cultivaron en medio V8 líquido en un orbital a 150 rpm por espacio de un mes. El medio líquido con la biomasa formada es licuado, obteniendo un homogenizado del hongo con el cual inmediatamente infectamos las vitroplantas del cv. plátano Hartón, mediante 3 diferentes métodos: a) Inoculación de las hojas de la plántula, b) Inoculación de hojas de las plántulas e inoculación del medio de cultivo y c) Inoculación con el hongo solo en el medio de cultivo.

Se realizaron observaciones morfológicas cada 8 días por espacio de 38 días para verificar la sintomatología en la superficie de las hojas y se tomaron muestras foliares con diferentes estadios de la enfermedad para realizar un estudio anatómico siguiendo la técnica de Johansen (1940) (2). Posteriormente se obtienen los ácidos ribonucleicos mensajeros (ARNm) de hojas de vitroplantas de plátano Hartón infectadas con S. Negra, para analizar la expresión diferencial de genes análogos de resistencia específicos, aislados en especies del género *Musa* (3), en relación a la de hojas de plantas controles. Se usaron como controles positivos plantas de *Musa* resistentes a la S. Negra (Yagambi, km 5, FHIA 1 y FHIA 2) y como controles negativos, hojas del cv. Pisang lili, el cual es susceptible a la S. Negra y hojas de plantas de Hartón no infectadas por el hongo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. Las observaciones morfológicas y anatómicas realizadas por un lapso de 38 días pueden observarse en las figuras 1 y 2, donde se evidencia los cambios en la superficie foliar de las hojas inoculadas "in vitro" con el hongo. Por otra parte se observa que el hongo solo infecta a la planta cuando se inocula la hoja localmente. El hongo inoculado en el medio donde crece la planta, no infectó las hojas de la planta, durante el período de observación. Los análisis histológicos demuestran la penetración del hongo, no sólo por la superficie de la lámina foliar, sino también por el pecíolo. El análisis de expresión diferencial de genes análogos de resistencia caracterizado para otros clones de *Musa* en relación a la de las plantas controles, revelan diferencias en expresión de algunos de los genes análogos, lo que indica que algunos de ellos son inducidos durante el proceso de infección, como ha sido propuesto por otros autores (4).



Fig.1: Hoja de plátano Hartón *in vitro* mostrando la presencia de pequeñas colonias del hongo 6 días después de la infección



Fig.2: Hojas de plátano Hartón mostrando amarillamiento producto de la infección con el hongo 30 días después de iniciado la infección

CONCLUSIÓN. El sistema de infección *in vitro*, desarrollado en esta investigación es recomendable para el análisis de aspectos morfo-anatómicos de la infección del hongo. Los análisis moleculares permitieron evidenciar que en el proceso se inducen genes análogos de resistencia a la Sigatoka Negra.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Corporación Bananera Nacional. Taller sobre sigatoka. 1998. sesión 2,3 y 5. Costa Rica.
2. Johansen, R.A. (1940). Plant Microtechnique
3. <http://www.agrocadenas.gov.co/home.htm>. 2002
4. Hüttel, B., Giménez, C. Kahl, G. (2003). Isolation of resistance gene analogues (RGAs) from banana. In: Banana Protocols. CAB (in press).

¹UCV-Facultad de Ciencias-IBE. Profesor titular-Investigador.

²UCV- IBE. Asistente de Investigación.

³UCV-Facultad de Ciencias-IBE. Prof. Asist. de Investigador.

⁴UCV-Facultad de Ciencias-IBE. Estudiante Doctoral.

DIVERSIDAD GENÉTICA DE *Mycosphaerella fijiensis* EN BANANOS CULTIVADOS CON DIFERENTE MANEJO

GENETIC DIVERSITY OF *Mycosphaerella fijiensis* IN BANANAS CULTIVATED WITH DIFFERENT MANAGEMENT

Manzo-Sánchez, G.¹, Orozco-Santos, M.² y Guzmán-González, S.³

SUMMARY. The black sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*) is the most destructive leaf disease of bananas. The control is based in the use of fungicides. The genetic diversity of populations in phytopathogenic fungi is influenced by different factors. The genetic diversity of different isolated of *M. fijiensis* from region Center-Pacific from Mexico, were analyzed by characteristics morphological and DNA markers, the results showed differences between isolates from farms with different conditions of managements.

INTRODUCCIÓN. El uso de pesticidas para el control de plagas agrícolas es una práctica común, las aplicaciones continuas de estos provoca el desarrollo de la resistencia en las poblaciones de hongos fitopatógenos (1). Sin embargo, la evolución de la resistencia de los fitopatógenos involucra cambios en las frecuencias de genes que la controlan; un entendimiento de los cambios genéticos a nivel de población es importante para desarrollar métodos adecuados y eficientes de manejo de las enfermedades (2). La sigatoka negra es la enfermedad más destructiva de los bananos y plátano (*Musa spp.*). Esta es causada por el hongo ascomiceto *Mycosphaerella fijiensis* (1), presenta un alto nivel de diversidad genética entre diferentes niveles geográficos, desarrolla tolerancia a fungicidas y hospedero resistentes. Por lo tanto, en este estudio preliminar se analizaron mediante marcadores de ADN y por características morfológicas aislados de *M. fijiensis* procedentes de huertos de plátano con diferentes niveles de manejo técnico.

MATERIALES Y METODOS. Muestras de hojas de banano cultivar enano gigante (AAA) presentando síntomas de la enfermedad, fueron colectadas de plantas de huertos con tres tipo de manejo: rústico (R): no hay control de Sigatoka negra, riego rodado, dos aplicaciones de fertilizante al año, no hay control químico para Sigatoka negra, semintensivo (SI): riego rodado cada 21 días, 15 aplicaciones de fungicidas para el control de Sigatoka negra, dos aplicaciones de fertilizante al año e Intensivo (IN): riego presurizado subfoliar, una fertilización cada 2 meses, 35 aplicaciones de fungicidas para el control de Sigatoka negra, de la zona bananera del Pacífico-Centro de México. Las muestras de hojas fueron procesadas en laboratorio para el aislamiento de ascoporas y obtener cultivos monoascopóricos. Posteriormente, se seleccionó un aislado de cada uno de los tres tipos de manejo y se cultivaron en medio PDA para caracterizar la apariencia morfológica de las colonias. Por último, se extrajo el ADN genómico de cada uno de los aislados de *M. fijiensis* para su análisis genético, se emplearon 6 iniciadores RAPD "DNA polimorfito amplificado al azar" siguiendo la metodología descrita (4) y se analizaron dos locus *MfSSR005* y *MfSSR175* de SSR "secuencias simples repetidas" siguiendo la metodología descrita (3).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. Se obtuvieron 20 aislados monoascopóricos de *M. fijiensis* de huertos con los tres tipos de manejo técnico (R, SI e IN). La apariencia morfológica de los aislados fue influenciada por el tipo de manejo del cultivo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Apariencia morfológica de aislados de *Mycosphaerella fijiensis* crecidos en medio PDA.

Tipo de manejo	Apariencia morfológica
R-2	Colonias con micelio aéreo blanco, con apariencia algodonosa, redonda y mayor crecimiento; al reverso de la caja muestra color blanco con un pequeño punto negro en el centro de la colonia.
SI-3	Colonias con micelio aéreo blanco, con apariencia algodonosa y crecimiento lento; al reverso de la caja muestra un color negro con los bordes blancos.
IN-2	Colonias con micelio compacto, gris rosado, sin apariencia algodonosa, de forma irregular (no circular); al reverso de la caja muestra un color negro con los bordes blancos.

Los marcadores RAPD amplificaron de 6 a 12 bandas, de las cuales de 4 a 10 bandas fueron polimórficas, esto dependiendo el iniciador utilizado, estos resultados son similares a los reportados (4), el análisis del dendrograma derivado de UPGMA de 6 iniciadores con un bootstrap para 1000 réplicas, reveló dos grandes grupos, uno formado por aislados de manejo R y el otro se formo de los aislados de huertos con manejo SI e IN. Algo similar arrojó el dendrograma derivado de UPGMA de los análisis de los locus *MfSSR005* y *MfSSR175* de microsatélite en 16 aislados de *M. fijiensis*, con un bootstrap para 1000 réplicas, formo dos grupos un grupo formado por aislados de huertos de manejo SI e intensivo IN y otro formado por aislados de manejo semintensivo SI y rústico R. Estos resultados preliminares demuestran que las poblaciones del hongo pueden estar influenciadas por el medio ambiente y el manejo del cultivo, por lo que será de gran importancia en un futuro cercano utilizar un mayor número de aislados y más marcadores de ADN para corroborar esta hipótesis.

CONCLUSIÓN. Las características morfológicas de las colonias de *M. fijiensis* fueron su lento crecimiento y la coloración de gris oscuro a gris rosado, así como su forma globosa y circular, dependiendo del aislado. Los análisis de marcadores RAPD y SSR permitieron determinar los niveles de diversidad genética dentro de los aislados procedentes de huertos con diferente manejo técnico, agrupándolos según el tipo de manejo.

BIBLIOGRAFÍA

- Marín, D.H., Romero, R.A., Guzmán, M., and Sutton, T.B. 2003. Plant Disease 87:208-222.
- McDonald, B.A. 1997. Phytopathology 87:448-453.
- Neu, C., Kaemmer, D., Kahl, G., Fisches, D., and Weising, K. 1999. Molecular Ecology 8:513-525.
- Williams, J.G.K., Kubelik, A.R., Livak, A.R., Rafalski, J.A., and Tingey, S.V. 1990. Nucleic Acids Research 18:6531-6535.

¹CICY. Estudiante de Doctorado.

² Investigador del INIFAP-Tecmán, Colima.

³ UC. Profesor Investigador.

VARIABILITY OF *Mycosphaerella fijiensis* POPULATIONS IN CUBA. DURABILITY OF THE PARTIAL RESISTANCE OF FHIA HYBRIDS TO BLACK SIGATOKA.

Michel Pérez¹ and Luis Pérez².

ABSTRACT

Black Sigatoka (BS) caused by *Mycosphaerella fijiensis* Morelet (*Mf*) BS was reported in Cuba in 1990 and due to its susceptibility, Cavendish and plantain landraces were largely substituted by FHIA hybrids and Burro CEMSA with partial resistance to the disease. A study was carried out to determine changes in disease incidence on FHIA hybrids and aggressiveness of *Mf* populations. Plots were established on Alquizar and Güira de Melena on Havana, La Cuba in Ciego de Avila and Baracoa in Guantanamo. Assessments of the severity of leaf necrosis and of the speed of evolution of the disease were undertaken fortnightly. Counting of *Mf* pseudothecia production in spots in Grand nain and FHIA 18 were carried out. Artificial inoculations with isolates of *Mf* populations from very affected FHIA 18 and Grand nain plants from a region free of FHIA hybrids were conducted on leaf pieces to compare the aggressiveness of the isolates. The FHIA hybrids in the plots of Havana and Baracoa kept the usual level of resistance that characterize the cv., whereas high levels of infections were recorded on the plots of La Cuba. The production of pseudothecia was 80% lower on FHIA 18 than in Grand nain from Havana plots, whereas has the same level on La Cuba. The lesion number in Grand nain leaf pieces were equally high for both isolates, whereas the isolate belonging to FHIA 18 from La Cuba produces more lesion than Grand nain isolate on FHIA 18 leaf pieces. The results indicate the existence of difference of aggressiveness on the population of *M. fijiensis*.

¹ Laboratorio Central de Cuarentena. Ayuntamiento 238, Plaza, C. Habana, Cuba.

² Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. Ministerio de Agricultura. Gaveta 634, 11300, Playa, C. Habana, Cuba. e.m: lperezvicente@sanidadvegetal.cu

IDENTIFICACIÓN DE GENES DE BANANO INVOLUCRADOS EN LA RESPUESTA A INFECCIÓN POR *Mycosphaerella Fijiensis* Morelet

IDENTIFICATION OF BANANA GENES INVOLVED IN HOST RESPONSE TO INFECTION BY *Mycosphaerella Fijiensis* Morelet

Ramírez-López, A.C.¹ y M.A. Gómez-Lim^{1*}

SUMMARY. Banana *Musa* AAA (Cavendish sub-group) cv. 'Grand Nain' has been proposed as the ideal commercial banana because of its horticultural characteristics and post harvest handling. However it is highly susceptible to cold and drought, as well as to pests and pathogens, amongst which *Mycosphaerella fijiensis* Morelet stands out as it causes the severe foliar disease known as black Sigatoka leaf spot disease, affecting this crop by dramatically decreasing the photosynthetic area, leading to yield losses up to 50%. One of the breeding goals is to produce environmentally friendly bananas, disease-resistant with minimal fungicide application; traditional breeding does not seem able to achieve this goal, because of ploidy issues and low fertility levels in commercially important *Musa* hybrids. Whether a plant is susceptible or resistant to infection depends upon many subtle interactions between molecules produced by the plant and those produced by the pathogen; due to the complex nature of the fungus – host interaction, many genes in both host and pathogen are activated and inactivated during pathogenesis. Identification of the genes differentially expressed during the infection process could lead to a better understanding of the mechanisms of disease and it would provide insights into possible genetic targets. The aim of this work is to identify and characterize banana genes responding to the early stages of the fungal infection. We employed the mRNA differential display method that has been proved to be a useful tool for detecting specifically expressed genes in plant – pathogen interactions. Also we employed a modified subtractive hybridization method to create cDNA libraries of differentially expressed genes.

INTRODUCCIÓN. El banano *Musa* AAA (subgrupo Cavendish) cultivar 'Gran Enano' se ha propuesto como el banano comercial ideal por sus características hortícolas de rendimiento y manejo, pero es, en cambio, altamente susceptible a frío, sequía y al ataque de patógenos, entre los cuales el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet destaca por la severidad de la enfermedad foliar que provoca, llamada Sigatoka negra, afectando este cultivo con una dramática disminución de la superficie fotosintética que resulta en pérdidas de hasta 50% en rendimiento. Una de las prioridades para mejoramiento de banano es producir cultivares "amigables con el ambiente" que requieren una aplicación mínima de pesticidas; el mejoramiento tradicional parece no ser suficiente debido a la ploidía y los bajos niveles de fertilidad de los híbridos comercialmente importantes. El que una planta sea susceptible o resistente a una infección depende de muchas interacciones sutiles entre moléculas producidas por la planta y moléculas producidas por el patógeno; debido a la naturaleza compleja de la interacción planta – hongo, muchos genes son activados o apagados durante la patogénesis. La identificación de los genes que se expresan diferencialmente durante el proceso de infección nos llevará a un mejor entendimiento de los mecanismos de enfermedad y nos dará idea de posibles blancos genéticos para tratamiento. Por ello, el objetivo de este trabajo es identificar y caracterizar genes de banano de respuesta temprana a la infección. Empleamos el método de despliegue diferencial de RNA que ha probado ser una buena herramienta para detectar genes expresados específicamente en interacciones planta – patógeno. También empleamos un método modificado de la hibridación sustractiva para crear bibliotecas de cDNA de los genes expresados diferencialmente.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se colectaron hojas de banano sanas e infectadas en diferentes etapas (según la escala de Mulder y Stover modificada por Gauhl) y se congelaron para hacer

la extracción de RNA total. El despliegue diferencial se realizó según protocolo de RNAimage® de GenHunter Corporation comparando RNA de hoja sana contra RNA de hoja en etapa 5 de infección. La hibridación sustractiva se obtuvo con el Clontech PCR-Select™ cDNA Subtraction Kit usando como driver el RNA de hoja sana, y como tester el RNA de hoja infectada en etapa 3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. Mediante el despliegue diferencial se observaron en un solo gel de acrilamida 62 bandas diferenciales en total de entre 100 y 500 pb, de las cuales 41 corresponden a genes que se transcriben en la hoja sana pero no en la infectada, mientras que las 21 restantes son transcritos de la hoja infectada que no se encuentran en la hoja sana; inicialmente esto sugiere un silenciamiento de las rutas metabólicas domésticas, representadas en los 41 transcritos diferenciales, y la expresión de algunos genes de respuesta al patógeno; en esta parte queda por realizar la clonación y secuenciación de las bandas diferenciales, para su posterior análisis de alineamiento con bases de datos y asignación de posibles funciones según las homologías que se encuentren; este trabajo continúa con la obtención de más bandas diferenciales utilizando otros oligonucleótidos arbitrarios, para cubrir hasta donde sea posible la población de mRNA presentes en la muestra. En la hibridación sustractiva fue posible clonar fragmentos diferenciales más grandes, de entre 500 y 1200 pb que actualmente se encuentran en proceso de secuenciación; la búsqueda de alineamiento para dichos fragmentos probablemente permitirá identificar algunos genes completos que podrán ubicarse en la vía de respuesta al patógeno.

CONCLUSIONES. La comprensión de las bases moleculares de resistencia y susceptibilidad en las interacciones planta – patógeno está aún en sus inicios. La información genómica de ambos organismos permitirá avanzar más aprisa en los descubrimientos en este campo. La información que se genere en este tipo de estudios ayudará a establecer estrategias económicas sustentables para combatir la enfermedad de la Sigatoka negra del banano con un enfoque más fino que por mejoramiento tradicional no podría lograrse.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Company, P. and González-Bosch, C. 2003. Identification of a copper chaperone from tomato fruits infected with *Botrytis cinerea* by differential display. Biochemical and Biophysical Research Communications 304: 825-830.
2. Carlier, J., DeWaele, D. and Escalant, J.V. 2002. Evaluación global de la resistencia de los bananos al marchitamiento por Fusarium, enfermedades de las manchas foliares causadas por *Mycosphaerella* y nemátodos. Guías Técnicas INIBAP 6. Montpellier, Francia.
3. Liang, P. and Pardee, A.B. 1992. Differential display of Eukaryotic Messenger RNA by Means of the Polymerase Chain Reaction. Science 257: 967 – 971.
4. Gauhl, F. Epidemiology and ecology of black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) on plantain and banana (*Musa* spp) in Costa Rica, Central América. Montpellier: INIBAP, 1994. 120p.
5. Ploetz, R.C. 2001. Black Sigatoka of Banana. *The Plant Health Instructor*. DOI: 10.1094/PHI-I-2001-0126-01.
6. Sargent, T.D. and Dawid, B. 1983. Differential gene expression in the gastrula of *Xenopus laevis*. Science (Wash D.C). 225: 135 – 139.

EVALUACIÓN TEMPRANA DE RESISTENCIA A LA SIGATOKA NEGRA EN PLATANO

EARLY RESISTANCE EVALUATION AGAINST BLACK SIGATOKA IN PLANTAIN

Riveros, A.S.¹, F.E. Rosales² y J.E. Sandoval³

SUMMARY. This study compares the standard method of plantlets resistance evaluation under greenhouse conditions with the leaf fragment method under laboratory conditions. A follow up is conducted to infection development stages caused by *M. fijiensis* on two plantain cultivars, FHIA-21 (resistant) and Currare (susceptible). A kinetics symptoms evolution since early development stages up to 65-90 days after inoculation was conducted. Results obtained are supported and explained by microscopic records, macroscopic lectures and chlorophyll measurements. These findings suggest that lesions presence and reaction manifested correspond to those observed in the field in research studies of our group. Regarding leaf fragment, it was possible to maintain green fragments for up to 90 days, mainly from the resistant clone. In advance stages of around 80 days, an important number of pycnidium were counted in cv. Currare fragments. This curious event will be discussed considering the sexual and asexual reproduction established for this fungus. In conclusion, we were able to standardize these resistance evaluation methodologies for black Sigatoka in plantain cultivars, which is a contribution to conventional and non-conventional improvement programs.

INTRODUCCION. *Mycosphaerella fijiensis*, hongo causante de la Sigatoka negra, se ha incrementado y diseminado ampliamente, debido al alto grado de su virulencia y a la susceptibilidad presentada por la mayoría de cultivares de plátano. Esto justifico la creación de programas de mejoramiento genético convencional y no convencional. Los híbridos generados bajo estas metodologías, necesitan ser sometidos a evaluación siguiendo pruebas de patogenicidad para comprobar la resistencia o no al patógeno, facilitando la selección de variedades resistentes. El objetivo de esta investigación fue el de establecer y/o adaptar un método de evaluación rápida de resistencia a la Sigatoka negra, bajo condiciones controladas en *in vitro* e invernadero para plantas de plátano.

MATERIALES Y METODOS. El trabajo fue realizado en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza "CATIE", en Turrialba, Costa Rica, a 602 msnm. Se trabajo con la cepa de *M. fijiensis* 03MCR colectada en la zona central de Costa Rica. Se usaron los clones FHIA-21 (AAAB) y Curraré (AAB), resistente y susceptible a la Sigatoka negra, respectivamente. El clon de plátano resistente a Sigatoka negra fue) y el cultivar susceptible se compro al Laboratorio de Biotecnología del CATIE. Para el método estándar, se desarrollo la misma metodología utilizada por Riveros (1995). En el método fragmento de hoja se utiliza lo reportado por El Hadrami (2000) con algunas modificaciones. En el método estándar, se hizo microscopia en fase temprana y lectura de en fase tardía de desarrollo de síntomas con escala Fouré (1985). En estados bien avanzados se contrasto con escala de Stover modificada por Gauhl (1994) y se hizo lectura de clorofila (Potable leaf chamer, SPAD-504 Minolta). En fragmento de hoja se hicieron lecturas de tamaño de lesión en el tiempo para análisis del área bajo la curva de progreso de la lesión (ABCPL).

RESULTADOS Y DISCUSION. En el método estándar, 7 y 9 días después de la inoculación, independientemente del cultivar, se observo buena formación del micelio de *M. fijiensis* y estomas penetrados. El cv. Curraré muestra una tendencia en estomas penetrados, se explica por la mayor presencia de estomas/campo, lo cual favorece eventos de penetración. En células de guarda con necrosis, FHIA-21 inicia lenta pero progresivamente a revelar necrosis desde el día 7, 9 hasta el 11avo. de observación microscópica. Las observaciones microscópicas realizadas serán presentadas en conjunto con la toma de datos de clorofila en valores de fotosíntesis neta. Se presentaran figuras que revelen el desarrollo de síntomas en método fragmento de hoja siguiendo mostrando cinética de aparición de síntomas. Asimismo, se presentara los resultados del ABCPL que explica y soporta esta investigación. Se hará una discusión sobre las ventajas y desventajas comparativas de los dos métodos sobre la base de la eficiencia, reproducibilidad, tiempo y costos. Finalmente, discusión adicional sobre datos de fragmentos a los 90 días y aparición de estructuras reproductivas *in vitro*.

CONCLUSION. Se logro poner a punto las metodologías en los dos métodos y, se enfatiza la importancia de que por primera vez se reportan estas pruebas de patogenicidad en cultivares de plátano.

AGRADECIMIENTOS. Los autores agradecen muy especialmente el apoyo financiero de FONTAGRO dentro del marco del proyecto de "Desarrollo de nuevos cultivares de plátano para América Latina y el Caribe". Las plántulas de FHIA-21 fueron obsequiadas por AGROBIOTEC (cortesía Dr. Oscar Arias). Igualmente agradecemos a la Srta. Johanna Romero y al Sr. Asdrubal Chavarria, quienes apoyaron el desarrollo técnico de estos aspectos investigativos.

BIBLIOGRAFÍA

1. El Hadrami A. 2000. Caractérization de la résistance partielle des bananiers á la maladie des racines noires ét évaluation de la variabilité de L'agent causal, *Mycosphaerella fijiensis*. Thèse d' Université. Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux. Belgique. 13p.
2. Fouré E. 1985. Black leaf streak disease of Banana and plantains (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), study of the symptoms and stages of the disease in Gabon IRFA Paris.
3. Gauhl F. 1994. Epidemiology and ecology of Black Sigatoka on plantain and banana (*Musasp.*) in Costa Rica, Centroamérica. Ph D. Thesis of Systematisch – Geobotanische- Institut der Georg - August- Universität Göttingen and Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz der Georg - August- Universität Göttingen.
4. Riveros AS. 1995. Etude D élicitours asocies a la resistance du cultivar de bananier Yangambi Km. 5 a *mycosphaerella fijiensis morelet*. . Thèse d' Université. Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux. Belgique. 170p.

¹Investigadora Asociada, Unidad de Fitoprotección, Departamento de Agroforestería y Agricultura, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza "CATIE" Convenio U. Tolima-CATIE. Turrialba, Costa Rica. E-mail: asrivero@catie.ac.cr.

²Coordinador Regional, Red Internacional para el Mejoramiento Genético de Banano y Plátano "INIBAP" c/o CATIE, Turrialba, Costa Rica. E-mail: inibap@catie.ac.cr

³Director de Investigaciones. Corporación Bananera Nacional "CORBANA" Guápiles, Costa Rica. E-mail: jsandoval@corbana.co.cr

**COMPORTAMIENTO EN CAMPO DE PLANTAS
TRANSFORMADAS DE BANANO Y PLÁTANO PORTANDO
GENES QUIMÉRICOS PARA LA RESISTENCIA A SIGATOKA
NEGRA (*M. fijiensis*)**

**BEHAVIOR IN FIELD OF BANANA AND PLANTAIN
TRANSFORMED PLANTS CARRYING CHIMERIC GENES FOR
THE RESISTANCE TO BLACK SIGATOKA (*M. fijiensis*)**

Rafael Gómez Kosky¹, Borys Chong Pérez¹, Idalmis Bermúdez Caraballos¹, Yelenis Alvarado Capo¹, Michel Leiva Mora¹, Jorge López Torres², José M. Machado¹, Orelvis Portal Villafañá¹, Rony Swennen³, László Sági³ and Lazaro Hernández⁴

SUMMARY. In this work, *Agrobacterium*-mediated transformation of banana and plantain is described using chimeric genes of antifungal proteins and regeneration of transgenic plants of 'Grand Naine' (*Musa* AAA) and 'Navolean' (*Musa* AAB) and the molecular check up of the transgenic lines obtained. The behaviour is evaluated in field of the plants carrying combinations of genes (chitinase, glucanase and AP24) during the first cycle in front of the pathogen *M. fijiensis*.

INTRODUCTION. Different improvement strategies are being used to develop new resistant cultivars of *Musa*, especially to the Black sigatoka disease. Bananas and plantains are difficult crops to breed because most of the important cultivars are highly sterile and seedless. Therefore, the use of genetic transformation techniques presents the major alternative for the development of disease resistance. The recovery of transgenic plants of banana obtained by *Agrobacterium*-mediated transformation has been reported by using embryogenic cell suspensions as starting material (Pérez, 2000).

MATERIAL AND METHODS. Embryogenic cell suspensions from 'Grand Naine', obtained by the methodology of Côte *et al.* (1996), and from 'Navolean' established by the methodology of Cabrera *et al.* (2002).

The EHA-105 strain of *Agrobacterium tumefaciens* was used carrying the plasmids pHCA58, pHCG59 and pHGA91 (chitinase gene, β -glucanase gene, AP24 gene).

The genetic transformation was carried out according to Pérez (2000), with the exception that co-cultivation was for four hours. The culture media used in each stage were: co-cultivation on semisolid multiplication medium M2 (Côte *et al.*, 1996) for 'Grand Naine' or ZZI (Dhed'a *et al.*, 1991) for 'Navolean'; selection on the same medium but supplemented with 200 mg.L⁻¹ timentine and 6 mg.L⁻¹ Basta; embryo formation on medium M3 (Côte *et al.*, 1996) or RD1 (Dhed'a *et al.*, 1991) and germination on medium described by Gómez *et al.* (2000).

Evidence for stable integration of transferred genes into the genome of regenerated plants was obtained by PCR and Southern analysis using primers and probes specific for the *bar* gene, respectively. After obtaining the permission of the National Biosafety Committee, a total of 150 transgenic lines were planted in field for evaluation of the black Sigatoka resistance. A complete random design was used, with three replicas per line, each one with three plants, and untransformed lines were used as controls as well as for borders. Putative transgenic lines of the cultivars Grande Naine (AAA) and Navolean (ABB) were evaluated for their reaction to black leaf streak disease in the field six months after planting.

The following data were collected:

-Youngest leaf spotted (YLS): according to the criteria of Carlier *et al.* (2002)

-Disease development time (DDT): Cigar leaves near Stage B of each plant were marked once a week for four weeks. The plants were inspected once a week and were examined for the appearance of at least 10 mature necrotic lesions of stage 6 (Fouré, 1982) as indicated by Carlier *et al.* (2002).

RESULTS AND DISCUSSION. Transformation experiments with embryogenic cell suspensions in both cultivars with three plasmids resulted in putative transgenic lines. After three months of selection, globular stage embryos appeared on the surface of the embryogenic cells in M3 or RD1 medium. The mature embryos were transferred to germination medium, where coleoptiles emerged within 4-8 weeks.

Several putative transgenic lines were regenerated and multiplied, and have been acclimatized for planting in the field.

Table 1. Number of putative transgenic lines in different stage.

Cultivar/Constructs	In vitro multiplication	Acclimatization	Field trial
GN-58	5	3	20
GN-59	3	13	41
GN-91	2	2	21
Grande Naine	10	18	82
Nv-58	265	5	35
Nv-59	400	0	0
Nv-91	259	15	33
Navolean	924	20	68
Grand Total	934	38	150

The *bar* gene could be amplified (PCR) for some of the lines and the Southern hybridizations have revealed a low copy number for the incorporated *bar* gene.

The first results of the disease evaluation will be presented. After 6 months, putative transgenic lines showed YLS between 5.6 and 3.6 for Grande Naine and 4.5 and 2.5 for Navolean. In control plants, the YLS of Grande Naine fluctuated between 4.4 and 3.7 while in Navolean this was around 3.9. The evidence observed in evaluation at four and five months related to decreasing YLS with age was noted at six months, too. No differences between transgenic lines and control were observed.

Acknowledgments

Dr. Serge Remy (KULeuven), Manuel Cabrera, Nery Montano (INIVIT), Michel Leiva, Mayra Acosta, Maritza Reyes, and Bárbara Ocaña (Instituto de Biotecnología de las Plantas) for support of this work.

REFERENCES

- Côte F, Domergue R, Monmarson S, Schwendiman J, Teisson C & Escalant JV. 1996. *Physiol Plant* 97:285-290
- Dhed'a D, Dumortier F, Panis B, Vuylsteke D & De Langhe E. 1991. *Fruits* 46:125-135
- Gómez R, Gilliard T, Barranco LA & Reyes M. 2000. *Infomusa* 9(1):12-16
- Pérez JB. 2000. Doctoraatsproefschrift Nr. 442 aan de Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen van de K.U.Leuven, Belgium.

¹ Instituto de Biotecnología de las Plantas, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba.

² Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), Cuba.

³ Laboratory of Tropical Crop Improvement, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium.

⁴ Genetic Engineering and Biotechnology Center, Cuba.

TRANSFORMACIÓN GENÉTICA DE PLÁTANO (*Musa AAB*, SUBGRUPO PLÁTANO CV. CURRARÉ) EMPLEANDO MÚLTIPLES GENES ANTIFÚNGICOS

GENETIC TRANSFORMATION OF PLANTAIN (*Musa AAB*, SUBGRUPO PLÁTANO CV. CURRARÉ) USING MULTIPLE ANTIFUNGAL GENES

Perea, I.¹, Pantoja M. C.², Ortiz J. L.³, Rosales F. E.⁴, Aguilar M. E.⁵ y M. Gómez L.⁶

SUMMARY. Plantains plants cultivars Curraré (AAB) obtained by in vitro culture. Were transformed troughs of particle bombardment with multiples antifungal genes cassettes (promoter-coding sequence- terminator) and vectors. Higromycin or kanamycin-resistant plants were isolated after five months following bombardment with combinations different gene cassettes and vectors. This result suggests the presence of antifungal genes in the genome of plants regenerated from embryogenic cellular cultures of the cv. Curraré. Molecular analyses by PCR and Southern blotting were showing the gene insertion and expression

INTRODUCCIÓN. La Sigatoka Negra es la enfermedad que causa los mayores daños y pérdidas económicas a los cultivos de plátano y banana alrededor del mundo. La enfermedad es causada por el hongo ascomiceto *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, el cual presenta una alta variabilidad genética y patogénica que le permite adaptarse a condiciones adversas, como son los fungicidas químicos y cultivares resistentes. Esta variabilidad le ha permitido romper la resistencia de cultivares tradicionalmente resistentes como el Calcuta IV y el Yamgambi Km 5m, ya que probablemente la resistencia se debía a la actividad de un solo gen. Por ello, las estrategias actuales se deben basar en conferir resistencia con mas de un gen, con el objeto de dificultar el rompimiento de la resistencia por el hongo.

En la última década se han hecho múltiples esfuerzos para la obtención de un buen sistema de transformación y regeneración de los diferentes cultivares de *Musa sp.* Los métodos más usuales de transformación genética utilizan a *Agrobacterium tumefaciens*, que en forma natural infecta a las plantas. El otro método es el bombardeo de micropartículas cubiertas con DNA al tejido o células vegetales. Gracias a estas técnicas, se ha logrado la introducción de genes foráneos de interés para el mejoramiento del plátano. Sin embargo, hasta la fecha no se cuenta con una variedad comercial de plátano tolerante o resistente a la Sigatoka Negra. Estos resultados pueden ser consecuencia del silenciamiento y poca expresión del transgene. Así como de la baja actividad de la proteína antifúngica expresada por la planta. Con el uso de variedades de plátano modificadas genéticamente resistentes o tolerantes al hongo sería posible incrementar el rendimiento y disminuir los costos de producción del cultivo, así como los daños al ambiente generados por la aplicación de fungicidas químicos.

En el trabajo que se describe a continuación se presenta una estrategia para la obtención de materiales modificados genéticamente de plátano que integren y expresen múltiples genes con capacidad antifúngica.

Los genes empleados ya han sido evaluados en nuestro laboratorio y se demostró *in vitro* su capacidad de inhibir el crecimiento de hongos fitopatógenos.

MATERIALES Y MÉTODOS. Suspensiones celulares de *Musa AAB*, subgrupo plátano cv. Curraré fueron bombardeados empleando el método descrito por Becker et al. (2000). Para el co-bombardeo se utilizaron vectores completos y casetes mínimos de expresión para cuatro tipo de genes antifúngicos que codifican para defensinas, quitinasas y β -1.3 glucanasas. Los genes fueron aislados de *Capsium anumm* (gen J1), *Arabidopsis thaliana* (gen AFP) y *Nicotiana Tabacum* (genes de TACH y GLUC). Se emplearon como genes de selección *nptII* que confiere resistencia a kanamicina o el gen *hph* para la resistencia a higromicina.

Los casetes fueron aislados de las construcciones pKY LX80 J1, pKYLX 80 AFP y TACH/GLUC empleando las enzimas de restricción adecuadas. Para el bombardeo se realizó la mezcla de los genes antifúngicos y el marcador de selección en una proporción 1:3 o 1:9 antes de su precipitación sobre partículas de tungsteno.

Para la regeneración y formación de embriones se emplearon los medios de cultivo reportados por Cote et al. (1996). De esta manera la formación y maduración de los embriones se llevó a cabo en medio líquido Ma-3 con kanamicina (100mg/l) o Higromicina (75 mg/l) según el caso. Los embriones en formación se mantuvieron con un fotoperiodo de 18 horas luz, 25 °C y 80 rpm. Después de dos meses se les colocó en medio Ma-4 líquido sin antibiótico en matraces o RITAS. Un mes más tarde los embriones germinados fueron colocados en medio Ma-5 semi-sólido suplementado con antibiótico adecuado. Las plántulas regeneradas serán evaluadas a través de PCR y análisis tipo Northern para determinar la integración y expresión de los diferentes genes. También se llevaran a cabo análisis de inhibición del crecimiento de *M. fijiensis in vitro*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. Con el empleo de medio líquido durante las fases de formación y maduración de los embriones se logró la reducción del tiempo de generación de plántulas, acortándolo a 5 meses después del bombardeo.

Se observó una mayor eficiencia de la higromicina como agente selector comparado con la kanamicina, en el cual se encontró mayor formación y maduración de embriones en los controles sin bombardear que escaparon a la selección.

Se han obtenido hasta el momento más de 200 plántulas que crecen en medio con selección Ma-5 lo que sugiere la presencia de los genes antifúngicos en su genoma. Las plantas están actualmente siendo evaluadas para determinar la integración y expresión de los transgenes.

BIBLIOGRAFIA

1. Becker D. K., Dugdale, B., Smith M.K., Harding, R.M: and Dale, J.L. (200) Genetic transformation of Cavendish banana (*Musa spp.* AAA group) cv. Grain Nain via microprojectile bombardment. Plant Cell Reports 19:229-234.
2. Cote F. X. Domergue R., Monmarson S., Schwendiman J., Tesón C., Escalant J. V. (1996) Embriogenia cell suspensión from the male flower of *Musa* AAA cv. Grand nain. Physiologia Plantarum 97:258-290.

RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen al Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (FONTAGRO) por el financiamiento otorgado.

¹CINVESTAV, Departamento de Ingeniería Genética, 629 Irapuato, Gto. México. Estudiante de Doctorado en Biotecnología de Plantas.

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

³CATIE, Unidad de Biotecnología, 7170 Turrialba, Costa Rica. Investigador Asociado.

⁴ INIBAP, CATIE, Costa Rica. Investigador Asociado.

⁵ CATIE, Unidad de Biotecnología, 7170 Turrialba, Costa Rica. Investigador Asociado.

⁶CINVESTAV, Departamento de Ingeniería Genética, 629 Irapuato, Gto. México. Profesor investigador.
mgomez@ira.cinvestav.mx

ESTRATEGIAS DE MANEJO INTEGRADO DE LA SIGATOKA NEGRA EN PLÁTANO CV. 'BARRAGANETE' (*Musa AAB*) EN EL ECUADOR

D. Vera¹ C. Suárez-Capello¹ & C. Belezaca²

SUMMARY. The plantain crop is attacked by several pests, been the Black Sigatoka the main foliar problem. Disease management has been carried out using the same recommendations as stated for banana crop, but no previous efforts has been carried out for development of control measures adapted to the plantain crop. A trial was established in order to test four treatments: (1) the package recommended by the exporting companies, as applied by the local farmers; (2) integrated management of the crop with fungicides (IPM + F); (3) integrated management of the crop without fungicides (IPM - F) and (4) traditional farmers' management. Large plots were used (2500m²) in a complete random block design with four repetitions. After three production cycles, the two IPM treatments showed the lowest AUDPC values, bringing more benefits for the grower and the ecology of the productive area.

INTRODUCCIÓN. El plátano es cultivo básico para la alimentación y rubro importante para la economía del país por ser generadores de divisas. La mayoría de las plataneras sufren el ataque de diversas plagas. Desde el ingreso de la Sigatoka Negra al país en 1987 (3), la debilidad general de las plantaciones por falta de manejo se puso en mayor evidencia. El creciente interés de las compañías por exportar esta fruta, ha llevado a los productores a utilizar el paquete de agroquímicos que se usa en banano, provocando incrementos en los costos de producción. En este contexto, los objetivos planteados en la investigación fueron los siguientes: **a)** Desarrollar estrategias de manejo integrado del cultivo. **b)** Determinar el efecto de continuas aplicaciones de prácticas sanitarias en la incidencia de Sigatoka negra en plátano.

MATERIALES Y METODOS. La investigación se realizó en una plantación comercial de plátano cv. Barraganete de aproximadamente 20 años de edad, en el Km. 42 de la Vía Santo Domingo Chone. El área de estudio fue de 600 m² y temperatura media anual de 24°C, precipitación de 2926 mm, a 260 msnm con características de Bosque Tropical Húmedo. El ensayo consistió en un diseño de bloques completos al azar con 4 tratamientos y 4 repeticiones. Cada tratamiento ocupó una superficie de 375 m² (15 x 25 m), con 10 plantas como unidades de observación. Los tratamientos fueron: **1)** Compañía Exportadora; incluye: deshoje, que consiste en la eliminación semanal de hojas con mas del 50% del área foliar necrosada; fertilización con NPK una vez al año, aplicación mensual de fungicidas según recomendaciones de las empresas exportadoras. **2)** Manejo integrado plagas más fungicidas (MIP + F), consistente en: Deshoje fitosanitario quincenal (eliminación del área foliar afectada y cirugía), la aplicación de fertilizantes se efectuó previo análisis de suelo, para controlar malezas se prefirió manejar cobertura del suelo bien sea con residuos de la plantación o permitiendo que malezas rastreras como la Orejilla (*Geophila macrophoda*) cubran el suelo, en caso necesario se aplicó herbicida "finale", durante el primer año se realizó resiembra progresiva. La aplicación de fungicidas se efectuó cada 30 o 45 días durante la época invernal. **3)** Manejo Integrado de plagas sin uso de fungicidas (MIPE - F), las demás actividades fueron similares al tratamiento 2. **4)** Testigo, consistió en el manejo tradicional del agricultor (deshoje, control mecánico de malezas, deshoje una vez al año, y ningún uso de fungicidas químico para el control de la S. negra).

Incidencia y Severidad de Sigatoka Negra. Evaluada como el área del tejido foliar afectada, expresada en porcentaje), utilizando

escala de Stover, modificada por Gaulh (1). Esta variable permitió obtener el AUDPC (Área del Progreso de la Enfermedad Bajo la Curva) que cuantifica la enfermedad en el tiempo, dado por la fórmula de Shaner & Finney (4):

$$AUDPC = \frac{((Y_1 + Y_2)/2)(T_2 - T_1) + \dots + ((Y_n + Y_{n+1})/2)(T_n - T_{n-1})}{T_n - T_1}$$

Donde: Y₁ y Y₂ son dos evaluaciones sucesivas de infección y T₁ y T₂ tiempo transcurrido

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. Durante los tres primeros años de evaluación, los tratamientos MIP, presentaron menores valores de AUDPC (Cuadro 1), no observándose diferencias estadísticas significativas entre estos, situación reportada por Suárez, et al (4,56) y Vera, (6). El tratamiento 4 (testigo) obtuvo los mayores valores de AUDPC. Las diferencias numéricas entre los tratamientos MIP son estrechas, pero el tratamiento 2 (MIP + F) siempre presentó valores más bajos que el 3 (MIP - F), esto indicaría que los fungicidas provocan una pequeña reducción en la presión que ejerce *M. fijiensis* sobre las plantas aún cuando los intervalos de aplicación oscilan entre los 30 y 45 días. Sin embargo los valores de AUDPC del tratamiento 3 (MIP - F) demuestran que con un buen manejo sanitario de la plantación (deshojos fitosanitarios), la incidencia y Severidad de S. negra puede ser reducida a niveles cercanos al obtenido con fungicidas y con escasa inversión evitando el empleo de fungicidas y reduciendo el impacto ambiental que provoca el uso de aquellos (cuadro 1).

Cuadro 1. Área bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad de Sigatoka negra ocasionada por *M. fijiensis* en plátano Barraganete común, durante tres años. Ensayo Rehabilitación de Plataneras, INIAP - IPM/CRSP. El Carmen 2002.

TRATAMIENTOS	AÑOS		
	2000	2001	2002
1.Comp. Exportadora	11308,30	8099,20 b	10858,40
2. MIP + Fungicidas	10878,30	7375,00 a	9488,90
3. MIP - Fungicidas	11127,90	7542,30 ab	9741,10
4.Testigo (agricultor)	12591,40	9017,70 c	11348,60 a
CV %	2,85	3,29	4,95

Valores seguidos de una misma letra en cada columna no difieren estadísticamente. Test de Duncan (α = 0,05).

CONCLUSIÓN. El paquete de manejo recomendado para el cultivo del banano en Ecuador, no se adapta al plátano, el cual precisa de recomendaciones propias. Un adecuado control de la Sigatoka Negra, puede ser logrado mediante el uso de técnicas de manejo integrado, inclusive sin necesidad de fungicidas.

AGRADECIMIENTOS. Este trabajo fue realizado como parte del Proyecto: Integrated Pest Management Collaborative Research Support Program (IPM/CRSP), financiado por la USAID (No. LAG-G-00-93-00053-00).

BIBLIOGRAFÍA

- Gaulh, F. 1994. Ph. D. Tesis. Montpellier.2. Rosado, V. 1992. *In* Memorias del Seminario Internacional sobre "La producción de las bananeras del Ecuador: Algunas bases y maneras para mejorar. Guayaquil - Ecuador. Pp. 93 - 107.
- Shaner, G. & Finney, R. 1977. *Phytopathology* 67 : 1051-1056.
- Suárez, C.; Vera, D.; Norton, G.; Triviño, C.; Flowers, W.; Solis, K. 2001. *In* IPM/CRSP Eighth Annual Report 2000 - 2001. EE.UU. Pp. 381 - 390.
- Suárez, C.; Carranza, I.; Cedeño, J.; Williams, R.; Ellis, M.; Alwang, J.; Norton, G.; Flowers, W.; Triviño, C.; Solis, K.; Vera, D.; Belezaca, C.; Delgado, R. 2002. *In* IPM/CRSP Ninth Annual Report 2001 - 2002. EE. UU. Pp 303 - 310.
- Vera, D.; Suárez, C.; Belezaca, C. 2001 *In* Memorias del XI Seminario Nacional de Sanidad Vegetal. Babahoyo - Ecuador. Pp. 230 - 236.

¹Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental Tropical Pichilingue. P.O. Box 24, Quevedo, Ecuador. Email: danilovera@yahoo.es; csuarez@tp.iniap-ecuador.gov.ec

²Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Email cbelezaca@yahoo.com

EVALUACION DE CULTIVARES DE PLATANO TOLERANTES A SIGATOKA NEGRA EN NAYARIT

EVALUATION OF BANANA CULTIVARS TOLERANT TO BLACK SIGATOKA IN NAYARIT

Victor Vázquez Valdivia¹, María Hilda Pérez Barraza² y José Orozco Romero³

SUMMARY. The behavior of seven banana cultivars without chemical control of black sigatoka was evaluated. Differences were detected for vigour, yield and black sigatoka damage. FHIA cultivars yielded more and were more tolerant to the disease than the traditional cultivars. FHIA-01 produced the heaviest racemes with 42 kg.

INTRODUCCIÓN. En Nayarit la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) se detectó en 1994 (2) y hasta la fecha ha provocado el derribe de más de 1,000 hectáreas de plátano y reducido los rendimientos hasta en 50% o más en el resto de la superficie. Los cultivares que se explotan son: Manzano, Pera, Enano Gigante, Macho y Morado entre otros; todos ellos susceptibles a la sigatoka negra (3). El objetivo del presente trabajo fue introducir y evaluar el comportamiento de los clones FHIA-01, FHIA-18 y FHIA-21 tolerantes a la sigatoka negra y compararlo con los cultivares que se cultivan en el estado.

MATERIALES Y MÉTODOS. En el año 2000 se estableció una plantación bajo condiciones de riego en Santiago Ixc., se incluyeron los cultivares FHIA-01, FHIA-18, FHIA-21, Enano Gigante, Manzano, Pera y Macho. La distancia de plantación fue 3X3 m. La plantación se maneja de acuerdo a la guía de producción de plátano (1) pero sin aplicación de fungicidas. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 10 repeticiones y un matero como parcela. Se evaluaron aspectos de vigor producción y daños por sigatoka negra; estos últimos con la escala de Stover modificada por Gauhl.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. La mayoría de los cultivares fueron vigorosos con altura de la planta mayor de 3.0 m, con excepción de Enano Gigante cuya altura fue de 1.86 m. El peso del racimo de la segunda cosecha fue mucho más pesado en los cultivares FHIA variando de 26 a 42 kg, correspondiendo los racimos más pesados a FHIA-01. Los cultivares tradicionales que se cultivan en Nayarit tuvieron racimos que pesaron de 7.04 a 14.96 kg (Cuadro 1).

Lo anterior es atribuido a que los materiales FHIA son vigorosos, productivos y principalmente a que resultaron tolerantes a la sigatoka negra.

Todos los cultivares tradicionales fueron susceptibles a la enfermedad aunque el cultivar Pera fue menos sensible que Enano Gigante, Manzano y Macho. El número de hojas a cosecha en los cultivares tradicionales varió entre 3 y 4 y en los FHIA entre 5 y 8.

CONCLUSIONES: Los genotipos FHIA-01, FHIA-18 Y FHIA-21 fueron tolerantes a la sigatoka negra y los cultivares tradicionales fueron susceptibles. Los cultivares FHIA superaron ampliamente en producción a los cultivares que se cultivan en Nayarit.

Cuadro 1. Comportamiento de cultivares de plátano en la Costa de Nayarit sin control de sigatoka negra.

Cultivar	Altura de planta (m)	Peso del Racimo (kg)	Hojas a cosecha (Número)
Enano Gigante	1.86 d	14.96 c	3.0 d
Manzano	3.06 c	14.61c	3.2 cd
Pera	3.05 c	12.62 c	4.3 c
FHIA-01	3.60 a	42.00 a	8.0 a
FHIA-18	3.55 a	28.20 b	6.2 b
FHIA-21	3.52 ab	26.00b	6.8 b
Macho	3.40 b	7.04 d	4.1 cd

^z Medias con la misma letra entre columna, son iguales estadísticamente (Tukey, 5%)

BIBLIOGRAFÍA

1. Orozco, R. J.; Medina, U. V. M. y Becerra, R. S. 1993. SARH-INIFAP-CIPAC. 25 p.
2. Orozco, S. M., Farias, L. J. and Vázquez, V. V. 1996. INFOMUSA 5(1):23-24.
3. Vázquez, V., Pérez, B. M. H. y Orozco, S. M. 1996. INIFAP-CIPAC.CESIX. 8 p.

¹ INIFAP-Nayarit. Apdo. Postal 100, Santiago Ixc. Nay. E-mail: vazper87@aol.com.

² INIFAP-Nayarit. Apdo. Postal 100, Santiago Ixc. Nay. E-mail: hipeba@aol.com.

³ INIFAP-Colima. Apdo. Postal 88, Tecomán, Col. E-mail: jorel@prodigy.net

MANEJO ALTERNATIVO DE *Mycosphaerella fijiensis* A TRAVÉS DE LA INDUCCIÓN DE RESISTENCIA Y USO DE BIOPRODUCTOS

RESISTANCE INDUCTION AND BIOPRODUCTS AS ALTERNATIVE MANAGEMENT OF *Mycosphaerella fijiensis*

Riveros A. S.²³, F. E. Rosales² y L. E. Pocasangre²

SUMMARY

To increase production by using clean technologies with a minimum of chemical applications with no harm to the environment or even more important, to eradicate agrochemical products from technological packages, is a challenge for the banana scientific community. Local resistance induction and the Systemic Acquired Resistance (SAR) approach will be presented in a clear and objective way in this paper, using the plant-pathogen interaction point of view. The biochemical and histological signal complex will be emphasized, going from the inductor (the plant activated in cascade by genes working in transduction of the plant's defense machinery) up to strengthening it against pathogen's aggressiveness or leaving its memory active to be used to repel future attacks.

The convenience of using or not cations as inductor assistants or resistance activators will be discussed. The use of SAR mechanisms *per se* to increase yields by generating undesirable accumulation of certain secondary metabolites producing contrary effects than expected, will be also addressed. Analysis of phosphite based fertilizers, intervention of calcium ions or other cations or microelements will be associated to secondary metabolism routes that can be stimulated in the plant to benefit natural resistance induction. The above will be related to proteins associated to pathogenicity (PR), whose genes will be activated during the whole process.

Regarding bio-products utilization, a review of microbiological and botanical origin bio-products will be conducted, explaining the way in which these would work to block, inhibit, or act as antagonists, in a parasitism and resistance inductor, among others. Finally, a mixed management case considering simultaneously two pathosystems (*Radopholus similis*-Musa -vs.-*Mycosphaerella fijiensis*-Musa) will be presented.

RESUMEN

Aumentar la producción con el uso de tecnologías limpias con una mínima aplicación de químicos que no afecten el ambiente o lo que sería aun mas importante, el lograr la erradicación de agroquímicos de los paquetes tecnológicos es un reto para la comunidad científica bananera. El enfoque de la inducción de resistencia local y resistencia sistémica adquirida (SAR) será presentado en forma clara y objetiva desde el punto de vista de la interacción planta-patógeno. Se enfatizará el complejo de señal bioquímica e histológica desde el inductor, activando genes de defensa, hasta fortalecerla contra la agresión del patógeno o dejarle activa la memoria para que se defienda de posteriores ataques.

Se discutirá la conveniencia o no de utilizar cationes como coadyuvantes de los inductores o activadores de resistencia y se cuestionará el uso de los mecanismos SAR *per se* para aumentar los rendimientos al generar la acumulación indeseada de ciertos metabolitos secundarios con efecto contrario a lo esperado. El análisis de fertilizantes basándose en fosfitos, la intervención de iones calcio u otros cationes o microelementos será relacionada con rutas del metabolismo secundario que se puedan ver

estimuladas en la planta, en beneficio de la inducción de resistencia natural. Esto se asociará con las proteínas relacionadas con la patogenicidad (PR), cuyos genes son activados durante todo este proceso.

En cuanto a bioproductos se hará una revisión de aquellos tanto de origen microbiológico como botánico y se explicará la forma como estos actuarían para bloquear, inhibir, antagonizar, en un parasitismo e inducción de resistencia, entre otros. Finalmente, se estudiará un caso mixto de manejo que considera simultáneamente dos pato-sistemas *R. similis*-Musa-vs.-*M. fijiensis*-Musa.

²³Investigador Asociado. Unidad de Fitoprotección, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza "CATIE" Convenio UTolima-CATIE. Turrialba, Costa Rica. E-mail: asrivero@catie.ac.cr.

²Coordinador Regional. Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano (INIBAP). c/o CATIE. Turrialba, Costa Rica. E-mail: frosales@catie.ac.cr - lpoca@catie.ac.cr

EVALUACIÓN EN CAMPO DEL POTENCIAL ANTIFUNGICO DE EXTRACTOS DE PLANTAS SOBRE *Mycosphaerella fijiensis* EN BANANO

FIELD EVALUATION OF PLANT EXTRACTS ANTIFUNGIC POTENTIAL ON *Mycosphaerella fijiensis* IN BANANA

Diana Polanco¹, Alba Stella Riveros² y Mauricio Guzmán³

SUMMARY. Banana crop has great economic importance in Latin America and the Caribbean but its production is affected by black Sigatoka. Studies conducted in CATIE on different botanical extracts under *in vitro* conditions, allowed to select 10 "promissory" products that were validated for this research under field conditions using the application-lecture window methodology and a leaf dorsal and ventral surface pre and post symptomatic and non-symptomatic design with follow up from cigar leaf number eight. Results obtained indicated that doses of 20 ppm *Momordica charantia* and *Plenax* sp., when compared to relative controls to systemic commercial fungicides (Propiconazole Tilt® 3000 ppm) and protectant (Clorotalonil 15000 ppm), resulted comparatively effective to control *Mycosphaerella fijiensis* by delaying disease development. Results obtained from the area under the progress curve are also presented and discussed.

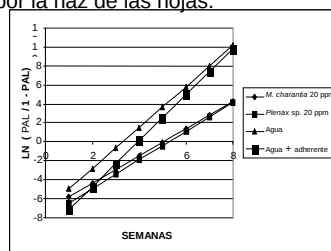
INTRODUCCIÓN La Sigatoka negra, enfermedad foliar, reduce la producción en el cultivo de banano. El control químico es eficiente como método de manejo, pero provoca alto impacto ambiental y eleva costos. En la búsqueda de estrategias de manejo mas amigables con el ambiente, la utilización de metabolitos secundarios obtenidos desde extractos de plantas podrían constituirse en métodos de control alternativos a *M. fijiensis*, como fue demostrado en ensayos *in vitro*, donde se seleccionaron "extractos promisorios" (1). Esta investigación tiene como objetivo la evaluación en campo del potencial antifúngico de extractos de plantas seleccionados previamente *in vitro* como "promisorios".

MATERIALES Y MÉTODOS La investigación se desarrollo en CATIE, finca "La Montaña" a 602 msnm (Turrialba-Costa Rica). Se establecieron parcelas del cultivar "Gran enano" (Musa AAA). Se probaron 10 extractos crudos hidroetanólicos (*Sida rhombifolia*, *Momordica charantia*, *Piper hispidum*, *Commelina difusa*, *Piper peltatum*, *Pavonia* sp., *Plenax* sp., *Syzigium aromaticum*, *Ocimum basilicum*, *Citrus sinensis*) en concentraciones de 100 y 20 ppm. Se seleccionaron plantas de banano de tres meses de edad con hojas en candela 8 (2), se marcó una ventana de aplicación del producto de 14x14 cm y otra de 6x6 cm de lectura del área foliar afectada, en el ápice izquierdo de la hoja, en haz y envés (4). En hoja #1, se aplicaron los productos, en horas tempranas de la mañana, una vez por semana durante 3 semanas continuas. Se realizaron lecturas semanales durante 8 semanas consecutivas iniciando una semana después de la primera aplicación. Se realizó un primer experimento donde se preseleccionaron los dos productos más eficientes llamados "promisorios-elites", una dosis y el lado de la hoja en el que mejor se comportaron los productos. Los controles utilizados fueron agua y agua +adherente (NP7® de Bayer a (0,001%). En un segundo experimento se compararon los productos "promisorios-elites" con dos fungicidas químicos uno protectante (Clorotalonil, Bravo® 72 SC, 15000 ppm) y uno sistémico (Propiconazole, Tilt® 25 EC, 3000 ppm) y se aplicaron sobre la haz de hojas que no presentaban síntomas (pre-sintomático). Para ambos ensayos se evaluó el área foliar lesionada en mm², se le realizó un ANOVA con una prueba de Duncan y además, un análisis epidemiológico de los datos donde se calcularon cuatro parámetros: análisis del área bajo la curva de progreso de la lesión (ABCPL) (6); análisis del área bajo la curva de progreso de la lesión relativa (ABCPL_R) (Stein y Kira, 2002) con estos parámetros se realizó un ANOVA y una Prueba de Duncan; determinación de la tasa de crecimiento del área de lesión y el tiempo en el que el área foliar evaluada alcanza el 50% de área lesionada (T₅₀), estos parámetros fueron validados por el

coeficiente de regresión R² (5). Todos los análisis fueron realizados con INFOSTAT (3).

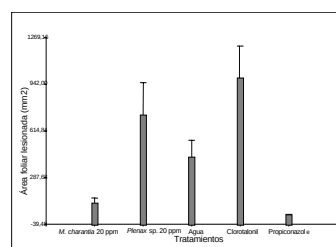
RESULTADOS Y DISCUSIÓN. En el primer experimento el análisis epidemiológico de las variables calculadas revela diferencias significativas entre los tratamientos *M.a charantia* y *Plenax* sp. a 20 ppm aplicados por la haz de hojas sanas, los cuales retrasaron la epidemia de 12 a 15 días (Fig. 1). Los tratamientos *Plenax* sp., y *S. aromaticum* a 100 ppm por el envés retrasaron la epidemia de 7 a 13 días, cuando se compararon con el control absoluto (agua) (datos no mostrados). El envés mostró menos área foliar lesionada (mm²) con diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

Figura 1. Epidemia en el tiempo en función de la tasa de crecimiento de la lesión expresada como Ln (PAL/1-PAL) donde PAL es la proporción del área lesionada. Por el efecto de los extractos de *Momordica charantia* y de *Plenax* sp., en la dosis de 20 ppm y los controles absoluto (agua) y agua más adherente, aplicados por la haz de las hojas.



En el segundo experimento al comparar los extractos "promisorios-elite" con fungicidas comerciales se encontraron diferencias significativas. Se observa un comportamiento similar entre el extracto crudo de *M. charantia*, en la dosis de 20 ppm y el fungicida comercial propiconazole retrasando la enfermedad. Comportamiento muy similar, se registro con el extracto *Plenax* sp. en dosis de 20 ppm pero con el fungicida comercial clorotalonil. En la figura 2, se observa el promedio del área foliar lesionada (mm²), para tratamientos evaluados "promisorios-elite" comparados con los fungicidas comerciales. Tanto el fungicida comercial clorotalonil como el extracto de *Plenax* sp., no ofrecieron ningún control contra el patógeno ya que su área foliar lesionada es mayor que la del control absoluto agua.

Figura 2. Área foliar lesionada (mm²) promedio, en hojas tratadas con extractos "promisorios-elite" y fungicidas comerciales.



CONCLUSIONES: *Momordica charantia* y *Plenax* sp., fueron seleccionados como extractos "promisorios-elite". El modo como actúan podría asimilarse al carácter sistémico o protectante de los fungicidas comerciales, utilizados contra la Sigatoka negra, como es el caso del propiconazole y el clorotalonil. El potencial antifúngico en campo del extracto crudo de *Momordica charantia* como posible sistémico con mayor actividad a bajas concentraciones es altamente promisorio. Mientras que, *Plenax* sp. se vería mas como un protectante dada la correlación con lo ocurrido frente al clorotalonil.

BIBLIOGRAFIA

1. Arciniegas AM, AS Riveros y JE Loaiza. 2002. En: Memorias ACORBAT, Colombia. p. 242.
2. Brun J. 1963. Universidad de Paris. Paris. 196p
3. NFOSTAT 2002. Universidad Nacional de Córdoba Argentina.
4. Polanco D. 2004. Tesis MSc. Universidad del Tolima. Facultad de Ciencias, Ibagué, Colombia.
5. Rivas-Platero G. 1993. Tesis MSc. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

²⁴ CATIE. Auxiliar de Investigación Laboratorio de Diagnostico

² CATIE – UT. Investigadora Asociada.

³ CORBANA. Jefe de Laboratorio de Fitopatología.

EXTRACTOS VEGETALES, UNA OPCIÓN EN EL CONTROL DE LA SIGATOKA NEGRA

PLANT EXTRACTS, A GOOD OPTION FOR BLACK SIGATOKA CONTROL

Obledo E. N.^{1*}, A.S. Hernández-Rosales²; M.L. López-Orué³

SUMMARY. Plant extracts were evaluated about its fungicide effect against *Mycosphaerella fijiensis*. One of them was selected because of their efficiency and economical pertinence. Using that extract, was developed a product profile in order to determine the maximum extract concentration for a competitive natural product useful for black sigatoka control.

INTRODUCCIÓN. La incidencia económica de la sigatoka negra en la producción de plátano en México ha llevado a la pérdida del 36% de la producción nacional. El Estado que reporta mayores pérdidas en ingresos por hectárea debido a la presencia de esta enfermedad es Chiapas, seguido por Jalisco, Colima y Michoacán. A pesar de que la enfermedad se controla con el empleo de fungicidas sintéticos, la creciente demanda de productos orgánicos propicia una oportunidad para comprobar la actividad contra el agente causal de esta enfermedad de algunos extractos vegetales con actividad antimicrobiana. El presente trabajo tuvo como objetivo seleccionar *in vitro* extractos vegetales capaces de controlar el hongo causante de la sigatoka negra del plátano y definir el perfil de un producto natural, amigable con el ambiente y competitivo en el mercado.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se aisló e identificó el hongo *Mycosphaerella fijiensis* a partir de muestras de hojas de plátano de las variedades macho, dominico y enano provenientes del Sur de México. Para el aislamiento se lavaron y desinfectaron con cloro trozos de hojas con evidencias de la enfermedad y se sembraron en medio de cultivo PDA. La identificación del hongo se realizó por medio de microcultivos. Se comparó el efecto fungicida a nivel laboratorio de tres extractos vegetales con propiedades antimicrobianas con el efecto de cuatro fungicidas sintéticos de uso común para el control de esta enfermedad en campo, utilizando la técnica de discos de micelio (Obledo y col., 2002). Los extractos vegetales se obtuvieron a partir de hojas de zacate limón (*Cymbopogon citratus* D.C.), hojas de orégano mexicano (*Lippia graveolens* H.B.K.) y bulbos de ajo (*Allium sativum* L.). Los resultados se analizaron utilizando ANOVAs y la prueba de rangos múltiples de LSD. El mejor extracto se utilizó para estimar un perfil de producto (Martínez, 1996) considerando los atributos indispensables que debe cumplir el nuevo producto fungicida, aplicado en Chiapas y aplicado en Tabasco, Veracruz, Colima, Jalisco y Michoacán, así como los atributos recomendables para el nuevo producto fungicida. La determinación de las dosis máximas a aplicar por período de frecuencia se obtuvo considerando lo siguiente: a) Se detectaron los fungicidas más utilizados por Región, b) Se identificó el producto fungicida más competitivo, tomando en cuenta el de menor precio y frecuencia de aplicación para la mayoría de los estados productores de plátano a excepción de Chiapas para el que se tomó en cuenta el fungicida más utilizado, c) diferenciando el producto fungicida más utilizado en Chiapas y el más competitivo utilizado en los demás estados productores de plátano, se determinaron los gastos totales anuales por aplicación de fungicidas para cada caso. d) a partir del gasto total anual, se determinó el precio que debía tener el concentrado para lograr tener un menor costo total anual con respecto al producto sintético más utilizado y más eficiente por región.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. El extracto vegetal seleccionado fue el de zacate limón el cual mostró *in vitro* un efecto fungicida similar al de fungicidas comerciales. No se encontró diferencia estadísticamente significativa entre el empleo de las concentraciones mayores del extracto (Tabla 1) respecto al empleo de manzate y sulfato en la concentración máxima recomendada. Para igualar el efecto de tecto y benlate en la concentración máxima recomendada, se requirió una concentración menor del extracto (Tabla 1).

Tabla 1. Halos de crecimiento de *Mycosphaerella fijiensis* en medio de cultivo con fungicidas naturales y sintéticos

Extractos vegetales.				Fungicidas sintéticos	
Concentración de extracto	Halos de crecimiento (mm)				
(%)	Orégano	Ajo	Zacate limón	Tratamiento	Halos en mm
0	39.7 ^a	69.2 ^a	69.2 ^a	Control	39.7 ^a
1	0.0 ^b	0.0 ^b	0.0 ^b	manzate	0.0 ^b
0.1	1.0 ^b	0.0 ^b	0.0 ^b	sulfato	0.0 ^b
0.01	27.2 ^c	59.7 ^c	59.0 ^c	benlate	4.0 ^{bc}
0.001	36.7 ^a	69.5 ^a	70.7 ^a	tecto	8.7 ^{bc}

Nota: Letras iguales pertenecen al mismo grupo estadístico determinado por la prueba de rangos múltiples de LSD.

El perfil del producto diseñado considera una reducción de un 20 a un 30% de los costos de aplicación en comparación con el fungicida sintético más eficiente y/o más utilizado por región. Las dosis máximas teóricas de aplicación por hectárea del principio activo (extracto vegetal) y su frecuencia de aplicación por año, se muestran en la Figura 1.

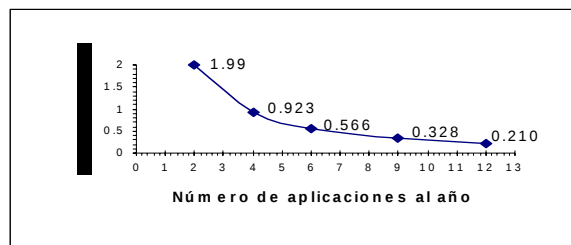


Figura 1. Máxima cantidad de extracto vegetal a aplicarse por hectárea para obtener un producto competitivo comercialmente

Se requiere formular el producto y validar su efectividad en campo.

CONCLUSIONES

1. Extractos vegetales de fácil disponibilidad y precio accesible tienen actividad fungicida contra *Mycosphaerella fijiensis*.
2. El nuevo producto fungicida, teóricamente diseñado, puede controlar la sigatoka negra del plátano con costos de aplicación más bajos que los de los fungicidas sintéticos utilizados actualmente.
3. El trabajo conjunto de la evaluación antifúngica y el análisis de competencia entre productos sustitutos permitió efficientar los tiempos y costos de la investigación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Martínez G. A. 1996. Diseños experimentales. Métodos y elementos de teoría, Ed. Trillas, México. 756p.
2. Obledo E. N.; Javiel-Robles E.; García-Fajardo J. A. y Ramírez-Córdova J. J. 2002. Phytón: 249-254.

¹Investigador titular del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. (CIATEJ) *nobleto@ciatej.net.mx.

²Técnico titular, CIATEJ. ³Tecnólogo titular, CIATEJ.

SERENADE (*Bacillus subtilis* cepa QST 713) FUNGICIDA BIOLÓGICO, UNA NUEVA ALTERNATIVA EN EL MANEJO INTEGRADO DE LA SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella fijiensis*)

SERENADE BIOFUNGICIDE (*Bacillus subtilis*, strain QST 713), A NEW ALTERNATIVE FOR INTEGRATED BLACK SIGATOKA (*Mycosphaerella fijiensis*) MANAGEMENT IN BANANAS
Navarro, M.¹, Manker D.² y Edgecomb D.³

SUMMARY. Black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*) is the most important disease in banana production areas throughout the world. Left unchecked, it causes significant reductions in functional leaf area resulting in yield losses and premature ripening of harvested fruit. Successful Black sigatoka control programs depend primarily on routine fungicide applications and cultural practices such as removal of infected foliage. Systemic fungicides, such as sterol biosynthesis and sterol demethylation inhibitors, provide effective black sigatoka control however, are highly susceptible to disease resistance development if not properly managed. Serenade Biofungicide (*Bacillus subtilis* strain QST 713), developed by AgraQuest, Inc., has been shown to be effective against black sigatoka particularly in integrated programs with conventional fungicides. Serenade works through novel, multiple modes of action that involve biological action of *B. subtilis* 713 in addition to lipopeptide compounds produced by the bacteria. Replicated small-plot and semi-commercial trials were conducted in Costa Rica and The Philippines from 2001 – 2003, to assess the efficacy of Serenade Aqueous Suspension (AS) against black sigatoka. Treatments included Serenade AS (1, 2 and 4 liters per hectare) applied alone and, in tank mix and rotational programs with contact and systemic fungicides. Treatments were applied at standard intervals with knapsack sprayers (100 liter per hectare) in small-plot trials and fixed wing aircraft (20-30 liters / hectare) in semi-commercial trials. Evaluations parameters, YLI, Functional Leaves at Shooting and Harvest, showed that Serenade provided effective control of black sigatoka, comparable to conventional programs. No phytotoxicity was observed on foliage or fruit. Serenade has been shown to be an effect tool in commercial black sigatoka control programs contributing to sigatoka resistance management and overall reducing dependence on synthetic fungicides.

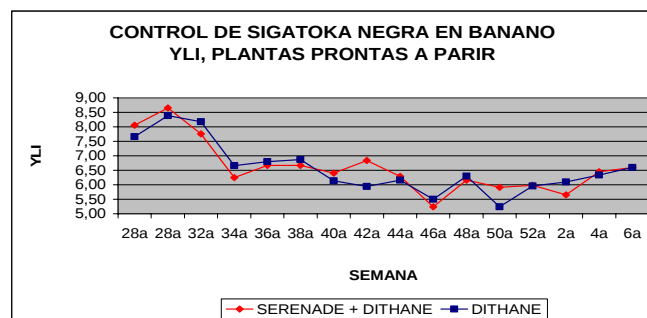
INTRODUCCIÓN. La Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*) es la enfermedad mas importante en las áreas de producción de banano en todo el mundo. Causa una reducción significativa del área funcional de la hoja, lo cual resulta en pérdidas de rendimiento desde un 50 al 100% (Orozco, 1998) y maduración prematura de la fruta cosechada. Los programas de control de la Sigatoka, dependen principalmente de prácticas culturales, tales como remoción del follaje infectado y de aplicaciones rutinarias de fungicidas químicos. Por su parte, los fungicidas sistémicos, tales como inhibidores de la biosíntesis del esteroide y los de la dimetilación del esteroide, proporcionan un efectivo control de la Sigatoka Negra sin embargo, son altamente susceptibles a desarrollar resistencia si no son manejados apropiadamente. Tomando en consideración la necesidad de un producto que se adapte al manejo integrado de la Sigatoka, se evaluó el fungicida biológico Serenade AS para encontrar la dosis más adecuada, y la mezcla o alternancia que mejor se integra en el control de esta enfermedad.

MATERIALES Y METODOS. El fungicida biológico Serenade (*Bacillus subtilis* cepa QST 713), desarrollado por AgraQuest Inc. trabaja a través de un novedoso, múltiple modo de acción que involucra la acción biológica de *B. subtilis* en adición a los compuestos lipopéptidos producidos por la bacteria. Los ensayos se condujeron en lotes pequeños con repeticiones y aplicaciones

semi comerciales en países como Costa Rica y Filipinas del 2001 hasta 2003, para medir la eficacia de Serenade contra la Sigatoka Negra.

Los tratamientos evaluados incluyeron a Serenade en suspensión acuosa (AS) (1, 2 y 4 litros por hectárea) aplicado solo y en mezcla de tanque con Mancozeb; así como, en un programa de rotación con fungicidas de contacto y sistémicos. Los tratamientos fueron aplicados a intervalos estándar con bombas de mochila (100 litros/hectárea) en los ensayos de pequeños lotes con repeticiones y con avión de ala fija (20 a 30 litros/hectárea) en los ensayos semi comerciales. Los parámetros evaluados fueron la hoja más joven infectada, hoja más joven con mancha, hojas funcionales al momento de la floración y cosecha, índice de severidad en plantas próximas a parir y en plantas paridas, periodo de incubación, de transición, y total.

RESULTADOS Y DISCUSION. Los mejores resultados se observaron con la mezcla de Serenade + Mancozeb (1.0 lt + 0,8/lt por hectárea. Es importante mencionar que las dosis de Mancozeb que se utilizan en una aplicación comercial estándar es de 1.75 a 2.0 litros/ha, mientras que en la mezcla con Serenade la dosis de Mancozeb fue de solo 0,8 litro, es decir menos de la mitad de la dosis.



Por su parte las dosis de Serenade solo, mostraron un buen control de la Sigatoka, sobre todo los tratamientos que llevaban entre 2 a 4 litros por hectárea.

Análisis estadístico de las variables en evaluación

Variables	Serenade	Comercial
YLI - Próximas	6,6	6,51
YLS-- Próximas	7,92	8,01
IS - - Próximas	21,19	20,09
IS - Paridas	83,26	81,97
Hojas/Cosecha	6,71	6,65
P. Incubación	74,74	66,46
P. Transición	15,83	15,37
P. Total	90,58	81,83

No se observó fitotoxicidad en el follaje o frutos en ninguno de los tratamientos con Serenade

CONCLUSIONES. De acuerdo con los parámetros evaluados se encontró que Serenade constituye una nueva alternativa a considerar dentro de un programa de control de la Sigatoka, comparable a los programas convencionales, particularmente en combinación en mezclas de tanque con dosis reducidas de Mancozeb. No se observó fitotoxicidad en el follaje o fruta.

BIBLIOGRAFIA.

- Holtz, B.A. 200. Internet. <http://www.actahort.org/books>
- Orozco, S. M. 1998. Folleto técnico No.1 INIFAP. CIPAC. C.E. Tecmán. México, p 20.
- Stover, R.H. 1971. Tropical Agricultura (Trinidad) Vol. 48 (3): 185-186.

¹ Agraquest Inc. Ventas en Centroamérica

² Agraquest Inc. Vice President of Research and Development

³ Agraquest Inc. Director of Global Product Development

1530 Drew Avenue, Davis CA 95616-1272 Phone (530) 750 0150 fax (530) 750 -0153. www.agraquest.com

EFECTO DE NIR-BOOSTER Y VIGOR-CAL-PHOS SOBRE LA SIGATOKA NEGRA Y EL CRECIMIENTO DE BANANO

EFFECT OF NIR-BOOSTER AND VIGOR-CAL-PHOS ON BLACK SIGATOKA AND GROWTH OF BANANA

Pasberg-Gauhl, C.¹, Jacomé, L.² and H. Cubero³

SUMMARY. In October 2003, a field trial was started in the commercial export farm of EARTH University, Costa Rica on banana plants, *Musa*, AAA, cv. 'Williams' to study the effect of Nutrient-Induced-Resistance-Booster (NIR) stem injection in combination with the liquid fertilizer Vigor-Cal-Phos (VCP) and/or commercial fungicide applications on plant development and black Sigatoka severity. Flowering of plants was accelerated where VCP was applied. Black Sigatoka assessment indicated that disease severity was lower in VCP/fungicide or fungicide treatments than in the VCP treatments. The number of standing leaves was highest when fungicides were alternated with VCP. No NIR effect could be observed so far for the plant crop cycle, but the experiment continues to verify these findings.

INTRODUCTION. A special liquid plant fertilizer was released by Agro-K, Minneapolis, USA, to be applied through direct injection into the pseudostems of banana plants. This product is called NIR-Booster (NIR) which is supposed to stimulate plant growth and to activate nutrient induced resistance of treated banana plants in order to reduce the impact of diseases and pests on this crop and thus to increase production (Agro-K, 2003 a). Additionally, Agro-K is producing a foliar fertilizer, called Vigor-Cal-Phos (VCP), which is a soluble calcium phosphite material. In preliminary experiments VCP was applied in combination with SprayTechOil (Agro-K, vegetable oil); treated banana plants grew more vigorously and black Sigatoka severity was reduced (Agro-K, 2003 b). Therefore, the objective of this study was to evaluate the effects of NIR-Booster alone or in combination with Vigor-Cal-Phos and/or commonly used fungicides on plant growth and black Sigatoka severity of banana.

MATERIAL AND METHODS. The trial (Table 1) was carried out at EARTH University, Limón, Costa Rica (Lat. 10°12'45"N, Long. 83°35'38", 59m.s.m.). In this area black Sigatoka inoculum pressure is always high.

Table 1: Fertilizers and fungicides used in the experimental treatments, EARTH University, Costa Rica, 2003-2004

Treat.	NIR	VCP and/or Fungicides
1	without NIR	VCP cocktail (VCP, 2-5L/ha + Spraytech vegetable oil, 2-5L/ha)
2	without NIR	Fungicide cocktail*(Fungicide + SpraytexM mineral oil, 2-7L/ha + NP7, 1% vol. oil)
3	without NIR	VCP cocktail - Fungicide cocktail - VCP cocktail.....alternating
4	with NIR	VCP cocktail (VCP, 2-5L/ha + Spraytech vegetable oil, 2-5L/ha)
5	with NIR	Fungicide cocktail*(Fungicide + SpraytexM mineral oil, 2-7L/ha +NP7, 1% vol. oil)
6	with NIR	VCP cocktail - Fungicide cocktail - VCP cocktail.....alternating

*commercially used

The experimental plot is part of the commercial banana export farm of EARTH. The trial was planted in June 2003 (week 23) in a hexagonal planting design (1852 plants/ha) with in vitro propagated plants of *Musa* AAA, cv. 'Williams'. The experimental plots consist of 84 – 162 plants limited by cables or drainages.

There are in total six treatments with four replicates. Ten plants of the center of each plot are used for the evaluations. The layout of the experiment is a two-factor block design. The first factor is NIR injection (injected or not, 1m above the ground; 1mL NIR with 4mL of water), the second factor is application of VCP and/or fungicides with a motor blower sprayer on the leaves of the plants every seven days. During the evaluation time (Nov. 2003 – Jan. 2004) the plants were treated 14 times with VCP (T1 and T4) or fungicides (T2 and T5). Plants in T3 and T6 received six times VCP and eight times fungicides. Flowering plants were counted every week and black Sigatoka severity was evaluated using the scale of Gauhl (1994) every 2 weeks. The treatment effects on black Sigatoka were calculated using the area under the disease progress curve of plants before flowering for number of leaves and black Sigatoka disease index (Gauhl, 1994).

RESULTS AND DISCUSSION. In December 2003, the plants started flowering. Plants which received the heighest number of VCP applications flowered earlier (T1 and T4, 84.1% and 79.5%) than the plants with less VCP applications (T3 and T6, 68.6% and 66.0%), followed by the plants in T2 and T5, (50.1% and 60.9%) which never received VCP. Results of the black Sigatoka severity assessment indicated that there was no difference in the leaf position of the youngest leaf with symptoms and the youngest leaf spotted between the treatments. The black Sigatoka disease index (Table 2) of the fungicide (T2 and T5) or VCP/fungicide (T3 and T6) treated plants was lower than of plants in the VCP treatments (T1 and T4).

Table 2: Effects of treatments on the area under the disease progress curve for number of leaves, (leaves) and black Sigatoka disease index. *Musa*, AAA, cv. 'Williams', EARTH University, Costa Rica, November 2003 – January 2004.

No	Treat.	Leaves	Index
1	VCP	228.0 b	3.16 ab
2	Fung.	237.2 ab	2.88 c
3	VCP - Fung.	252.5 a	2.92 bc
4	NIR + VCP	239.0 ab	3.19 a
5	NIR+ Fung.	243.0 ab	2.93 abc
6	NIR+ VCP- Fung.	247.0 a	2.90 bc

During the evaluation time, the highest number of standing leaves (Table 2) was observed on the VCP/fungicide treated plants (T3 and T6). The lowest number of leaves was observed on plants which were treated only with VCP (T1).

No NIR effect could be observed so far for the plant crop cycle, but the experiment continues and the same parameters will be evaluated in the ratoon crop

CONCLUSIONS. Results indicate that it might be possible to reduce fungicide applications by replacing them with liquid VCP fertilizer.

REFERENCES

- Agro-K , 2003a: NIR Booster. Agro-K technical guidelines, Minneapolis, USA. 6pp.
- Agro-K , 2003b: Vigor-Cal-Phos. Agro-K technical guidelines, Minneapolis, USA. 14pp.
- Gauhl, F. 1994: Epidemiology and Ecology of Black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) on banana and plantain (*Musa* spp) in Costa Rica, Central America. INIBAP. 120pp.

¹ Plant Pathologist, Consultant, San José, Costa Rica

² Plant Pathologist, Pathotec S.A., La Lima, Honduras

³ Ing. Agr., Investigaciones Agrícolas, Guapiles, Costa Rica

EFFECTS OF NIR-BOOSTER ON PLANT GROWTH AND MITIGATION OF BLACK SIGATOKA DISEASE AND NEMATODES ON BANANAS.

EFFECTO DE NIR-BOOSTER SOBRE EL CRECIMIENTO DE LA PLANTA Y SOBRE EL MANEJO Y REDUCCIÓN DE SIGATOKA NEGRA Y NEMATODOS EN BANANO

Jácume, L. H.¹ and H. Cubero².

RESUMEN. NIR-Booster es un producto nutricional (sales fosfóricas de Ca, Mg y Cu más extractos de *Ascophyllum nodosum*) que promueve el crecimiento e induce resistencia a enfermedades en la planta. En banano, una solución al 20 % de NIR-Booster fue inyectada mensualmente al pseudotallo. Diferencias significativas en la estructura foliar, crecimiento de la planta y masa radicular, producción de fruta y control de Sigatoka Negra, así como reducción poblacional de nemátodos fueron observadas en plantas tratadas con NIR-Booster. NIR-Booster, provee una excelente oportunidad para mejorar producción y un manejo más racional del uso de fungicidas.

INTRODUCTION. Nowadays, *Mycosphaerella* leaf spot is still one of the most important disease complexes limiting banana and plantain production. Large quantities of fungicides and oil, in addition to good cultural practices, are required to control the Black Sigatoka disease. Induction of resistance against fungal, viral, bacterial diseases and insects has been researched for some time. The next generation program is to nutritionally increase the banana plant's resistance mechanism to withstand Black Sigatoka infection. Field trials on Nutritionally Induced Resistance have shown that NIR-Booster™ can assist in Yellow and Black Sigatoka management with increased yields. Thus, field trials were conducted in several farms in Costa Rica to fulfill the following objectives:

1. To determine NIR-Booster's effectiveness on preventing or managing Black Sigatoka.
2. To determine NIR-Booster's effectiveness on banana plant growth and root mass.
3. To determine NIR-Booster's effectiveness on banana yield and quality.
4. To determine NIR-Booster's effectiveness as an alternative to fungicide management.

MATERIALS AND METHODS. The field trials were located at Calinda (old plantation) and TMF Agro (1st generation meristem) Farm in Costa Rica. Two treatments were evaluated: NIR-Booster plus fungicide vs the standard fungicide program. Each banana pseudo-stem (mother, daughter, and granddaughter) that was at least 1.0 meter in height was injected with 5ml of a 20 % solution of NIR-Booster. NIR-Booster treated and untreated, recently shot plants were randomly selected among those plants in an area of about three hectares in two separated, alternated cables. Fifteen to twenty plants were used in each of the four replications per treatment. Selected plants were marked with a color ribbon to facilitate the follow up of disease assessment and plant growth measurements. NIR-Booster was injected monthly as described above, for 1 year on old plants and 5 months on meristem plants prior to the selection of recently shot plants for evaluation. Control treatment was the aerial standard fungicide practice used in the area.

For the ultra-structural and morphological studies, leaf samples from leaf # 3 and 8 were cut into ~1 cm² and 1 mm³ fragments for SEM (Scanning electron microscopy) and TEM (Transmission electron microscopy), respectively. The SEM and TEM studies were done at the "Centro de Investigación en Estructuras Microscópicas de la Universidad de Costa Rica.

RESULTS AND DISCUSSION. A greater number of larger starch granules in the chloroplasts of epidermal cells were observed in NIR-Booster treated leaves. These treated leaves showed a significant increase of plastoglobules indicating increased lipid metabolism. They also showed thicker cuticular layer, wall enlargement and large diameter of the fiber, implying a thicker and stronger secondary wall. Significant differences on number of leaves in recently shot plants ($p = 0.0001$), disease severity ($p = 0.0018$) and bunch weight ($p = 0.0005$) were observed between treatments. NIR-Booster treated plants showed: Improved plant growth, faster leaf emission rate, better foliage (more leaves, wider leaves, less choking, less wind shearing), better fruit bunch (more hands and better separation, longer fingers, better weight) and better ratooning. NIR-Booster treated plants also showed: Less Sigatoka (lower disease severity), more functional leaves at flowering and at harvesting time. More and healthier leaves at harvest are a must for minimizing the risk of "ripe and turning" in the market. Deleafing time and expense will be reduced significantly. On the other hand, fungicide sprays could be reduced as resistance builds. Results from soil and root evaluation showed a significant reduction in nematode populations as well as a larger and healthier root mass.

Table 1. AOV and confidence intervals of the effect of NIR-Booster on plant growth, production and disease control.

Variable	p	Trt	Mean	C.I. 95 %
Bunch Weight	0.0005	CON	27.02	25.09 – 28.96
		NIR	32.33	30.40 – 34.27
T L (RS)	0.0001	CON	11.50	11.21 – 11.79
		NIR	12.46	12.17 – 12.75
Y L S (RS)	0.0018	CON	6.96	6.63 – 7.29
		NIR	7.75	7.42 – 8.08

CONCLUSIONS. Results showed a significant contribution of NIR-Booster to plant growth, fruit production and Black Sigatoka disease management.

Benefits of Nutritionally Induced Resistance also include an improved ratooning rate leading to increased production and improved fruit quality and storage life.

Results showed that nematodes could be managed by increasing root mass and reducing root infestation.

BIBLIOGRAPHY

1. Biggs, A.R. et al. 1997. Plant Digest. 81: 399-403.
2. Flores, E. 1999. La Planta: estructura y función. Costa Rica. 884 p.
3. Heldt, H. W. 1997. Plant Biochemistry and molecular biology. Oxford University Press. 225 p.
4. Jácume, L., et al., editors. 2003. *Mycosphaerella* leaf spot diseases of bananas. INIBAP. France.
5. Kuc, J. 1982. Induced Immunity to Plant Disease. BioScience 32: 854-860.
6. Marschener, H. 1988. Mineral Nutrition in Higher Plants. pp 369-390. Academic Press Inc.

¹ Plant Pathologist, Pathotec S.A., La Lima, Honduras.

² Ing. Agr., Investigaciones Agrícolas, Guapiles, Costa Rica.

EFFECT OF VIGOR CAL PHOS™ (VCP) ON MITIGATION OF BLACK SIGATOKA DISEASE ON BANANAS.

EFFECTO DE VIGOR CAL PHOS (VCP) SOBRE EL MANEJO DE LA SIGATOKA NEGRA EN BANANO.

Jácome, L. H.¹, R. Blanco², and J.L. Galindo³.

RESUMEN. El manejo y control de la Sigatoka Negra requiere el uso masivo de fungicidas. La inducción de resistencia para activar algun mecanismo de resistencia en la planta de banano conlleva a menor patogenicidad y menor uso de pesticidas. En este estudio se evaluó el potencial de Vigor Cal Phos como inductor de resistencia, ya sea agregándolo a la mezcla de fungicidas sistémicos ó alternándolo con los fungicidas en uso. Diferencias significativas en crecimiento de la planta y control de Sigatoka Negra fueron observadas en plantas tratadas con VCP. Ello indica que VCP provee una excelente oportunidad para un mejor manejo y uso más racional de fungicidas.

INTRODUCTION. Black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*) is the most destructive disease on bananas. Fungicides and oil, in addition to good cultural practices, are required to control the Black Sigatoka disease. Induction of resistance against diseases and insects has been researched for some time. The next generation program is to nutritionally increase the banana plant's resistance mechanism to withstand Black Sigatoka infection. VCP is a nutrient product (phosphorus salts of Calcium) conducive to plant growth and inducing plant resistance; thus healthier plants. Preliminary trials on Nutritionally Induced Resistance have shown that VCP™ can assist in Black Sigatoka management with increased yields. Thus, field trials using two different approaches were conducted to fulfill the following objectives:

1. To determine VCP effectiveness on preventing or managing Black Sigatoka.
2. To determine VCP effectiveness on enhancing banana plant growth.
3. To determine VCP effectiveness as an alternative to fungicide management.

MATERIALS AND METHODS. Ca and P are critical for the plant natural ability to resist establishment of disease. VCP is a soluble calcium phosphite designed to invigorate the plant to counter stress and manage infection. Adding VCP into the Sigatoka control program obeys a multiple purpose strategy: enhance plant development and production as well as plant protection to overcome stress and disease pressure. Single leaf tests were conducted in Honduras combining VCP with commonly used systemic fungicides. VCP was tested in Belize in replicated blocks using aerial application. Treated blocks received VCP (3 L/Ha) with SprayTech oil™ (2 L/Ha) followed by two rotations of systemic fungicides, for several months during the rainy season. Control blocks received the standard fungicide regime used in the area. Plant growth and disease rating were conducted weekly during the season.

A different approach was tested in Panama, where VCP (2 L/Ha) was added into the systemic fungicide mixture each time. In the case of contact fungicide 3 L/Ha of mineral oil were added into the fungicide mixture with VCP. Control blocks received the standard fungicide regime used in the area. Fifteen to twenty recently shot plants, VCP treated and untreated, were randomly selected in each of the four replications per treatment, in four separated, alternated cables. Weekly disease assessment and plant growth measurements were conducted.

RESULTS AND DISCUSSION. Results from the single leaf test showed superior level of disease control when VCP was added into the systemic fungicides tested. Such a rate reducing effect will allow for an extended interval thereby maximizing the potential and efficacy of each fungicide application. Thus, VCP will contribute to minimize and slow fungus resistance build up to fungicides.

Treatment	Relative Effectiveness (%)
Calixin	20.21
Calixin + VCP	58.51
Baycor	86.17
Baycor + VCP	96.38

Results from the field trial in Belize showed no difference in YLS (Youngest Leaf Spotted) and functional leaves at flowering and in plants with 49- and 70-days old fruit, respectively. It indicates that using VCP can successfully reduce fungicide usage without decreasing the fungicide program ability to effectively control Black Sigatoka, as indicated by lower values of AUDPC (area under the disease progress curve) for infection grade 1+2 in the VCP blocks.

Results from the field trial in Panama showed a decrease in infection as indicated by higher values of YLWS (Youngest Leaf With Symptoms), lower values of infection index (less severity) and reduction of Gross Sum. VCP treated plants showed significantly less choking and superior plant growth. A better response to climatic stress was also observed. Such faster leaf emission and vigorous plant growth has led to earlier flowering and better and more uniform fruit bunch. It indicates that using VCP is a viable strategy for enhancing plant growth and production as well as for improving disease management.

Variable	VCP	Control
YLWS	9.6	8.7
Infection Index	0.10	0.13
Gross Sum	33	38

CONCLUSIONS. Results showed a significant contribution of VCP to plant development and Black Sigatoka disease management, as benefits of nutritionally induced resistance; which could lead to improved fruit quality and storage life.

Results show that the use of VCP can enhance disease management when sprayed in rotation and/or in combination with fungicides. Thus, the amount of fungicide used can be reduced and more rationally managed.

VCP is a viable alternative in a Sigatoka control program. It could be of great value to minimize the selection pressure over the systemic fungicides, thus delaying the development of resistance to them.

BIBLIOGRAPHY

1. Christianson, D. Plant Nutrients Instead of Pesticides?
2. Jácome, L. and Cubero, H. 2004. Effects of NIR-Booster on plant growth and mitigation of Black Sigatoka disease and nematodes on bananas.
3. Jácome, L., et al., editors. 2003. *Mycosphaerella* leaf spot diseases of bananas. INIBAP. France.
4. Kuc, J. 1982. Induced Immunity to Plant Disease. BioScience 32: 854-860.

¹ Pathotec, S.A. La Lima, Honduras. e-mail: lhjacome@infovia.hn.

² Banana Grower Association (BGA), Belize.

³ Coosemupar, Pto. Armuelles, Panama.

EFFECTO DE NIR-BOOSTER SOBRE CRECIMIENTO Y PRODUCCION EN BANANAS Y EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA EN COSTA RICA.

Bernardo Moya¹ and Hugo Cubero Rojas² y Hugo Carrillo
Montero³.

RESUMEN

Por lo general, en Costa Rica, las plantas de banano cv. Gran Enano exhiben altos niveles de "arrepollamiento" en Febrero-Marzo-Abril, debido a las temperaturas bajas durante el período Diciembre-Febrero anterior. Para evaluar el efecto de NIR-Booster sobre el crecimiento y la producción de bananos, se condujo un ensayo I a escala semicomercial en Grupo Caribana, en una área plantada con meristemos del cv. Gran Enano. Los resultados de éste ensayo, con diseño completamente al azar, mostraron diferencias significativas en peso de racimo, con incrementos de 2.5 kgs en el área tratada con NIR-Booster. Las plantas de las áreas tratadas con NIR-Booster también mostraron mayor retorno y una reducción significativa en "arrepollamiento". NIR-Booster favoreció el desarrollo y producción de bananos, y minimizó el efecto de "stress" climático.

El ensayo II en la finca Probana, en Costa Rica realizó pruebas de campo con NIR-Booster, en un área de 16.5 Ha., dividida en tres bloques: 1. Renovación en R3, con historial de infección moderada de Sigatoka Negra (cable I 23-25); 2. Similar al anterior, pero en R0 y con efecto de inundación a los dos meses de sembrada (cable F0); 3. También renovación, pero en R1, con historial de infección severa de Sigatoka Negra (una banda de ~1.5 Ha conocida como Los Cocos) . Los tres bloques tratados y sus correspondientes testigos fueron plantados con meristemos de tipo Gran Enano. El NIR-Booster fue aplicado mensualmente durante un año. Se colectaron datos de variables de crecimiento, producción y control de Sigatoka Negra. Los resultados mostraron que las plantas tratadas con NIR-Booster se recuperaron del stress causado por la inundación y tuvieron mejor desarrollo que las no tratadas. En general, las plantas tratadas con NIR-Booster mostraron más vigor, mayor diámetro de pseudotallo, mayor altura y más hojas a cosecha, con ~1.5 Kg más por racimo. Se redujo 25 % el número de aplicaciones para control de Sigatoka Negra en los bloques I y F0; los cuales mostraron ~1.0-1.5 hojas más a la cosecha comparados con sus correspondientes bloques testigos. La reducción de aplicaciones fue de ~40 % en el bloque de Los Cocos, ya que se logró eliminar los acostumbrados repasos y ampliar los intervalos de aplicación, con reducción del uso de fungicidas sistémicos, a pesar del alto potencial de infección en el área. El beneficio del uso de NIR-Booster sobre el desarrollo fue observado tanto en plantación joven como en plantación ya establecida. La Gerencia de la finca Probana a decidido implementar el programa de NIR-Booster a mayor escala.

¹Gerente de Producción, Grupo Caribana, Costa Rica.

²Consultor Internacional, Investigaciones Agrícolas, Costa Rica,
j_agricolas@yahoo.es

³Gerente de Producción Finca Probana, Costa Rica.

CONTROL DE SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella fijiensis*) EN BANANO CON APLICACIONES DEL FUNGICIDA PYRIMETHANIL

BLACK SIGATOKA CONTROL (*Mycosphaerella fijiensis*) IN BANANO WITH FUNGICIDE PYRIMETHANIL SPRAYS

Orozco-Santos, M.¹, Pérez-Zamora, O.¹ y Orozco-Romero, J.¹

SUMMARY. Black Sigatoka is the most important disease affecting banana crops in Mexico. The search of new molecules is a priority objective to have more alternatives to its control. In Colima, Mexico the effect of the fungicide Pyrimethanil on disease control was evaluated. Foliar application of Pyrimethanil (240, 300 and 360 g a.i./ha) had a similar control that Tridemorph (450 g a.i./ha).

INTRODUCCIÓN: La sigatoka negra es la enfermedad más importante que afecta al cultivo del banano (3). En México, la enfermedad se detectó en 1981 y actualmente se encuentra presente en todas las regiones bananeras del país (4). Su manejo requiere prácticas de cultivo para reducir fuentes de inóculo y condiciones favorables para la enfermedad, así como el uso frecuente de fungicidas (3,4). Su control químico está basado en la aplicación continua de fungicidas protectantes y sistémicos. Sin embargo, la aplicación frecuente de fungicidas de acción sistémica ocasiona pérdida de sensibilidad del hongo a ciertos grupos químicos: benzimidazoles, triazoles y estrobilurinas (3,5). La evaluación de nuevas moléculas es un objetivo prioritario con el fin de disponer de fungicidas de modo de acción diferente para integrarlas en un programa de manejo contra la enfermedad. Recientemente se ha reportado la efectividad del fungicida Pyrimethanil contra el hongo *M. fijiensis*, agente causal de la Sigatoka negra (1,2). En este trabajo se evaluó el efecto del fungicida Pyrimethanil sobre el control de la sigatoka negra en la región del trópico seco de México.

MATERIALES Y MÉTODOS: El estudio se realizó durante Octubre a Diciembre del 2003 en banano Cavendish (*Musa AAA*) Gran Enano en Colima, México. Se evaluó el efecto del fungicida Siganex 60 SC (Pyrimethanil: 240, 300 y 360 g de i.a./ha) en comparación con Calixín 86 OL (Tridemorph, 450 g i.a./ha) y un testigo sin control. Los tratamientos se aplicaron en mezcla con aceite agrícola (5 l/ha). Las aplicaciones se realizaron con una bomba de mochila motorizada. Se realizaron cinco aplicaciones con intervalo de 10 días (de Octubre a Diciembre del 2003). Cada 10 días se evaluó la severidad de la enfermedad basada en la escala de Stover modificada por Gahul.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN: La aplicación del fungicida Pyrimethanil en el follaje del banano tuvo un marcado efecto sobre el control de Sigatoka negra después de los 40 días de la primera aplicación (Cuadro 1). Los valores del promedio ponderado de infección de la enfermedad resultaron diferentes estadísticamente entre las parcelas tratadas con cualquiera de las dosis de Pyrimethanil en comparación a las no tratadas. El promedio ponderado de infección en las plantas tratadas con Pyrimethanil fue de 0.539 a 0.730, en cambio en las del testigo fue de 1.877 a 2.102. El tratamiento de Tridemorph (450 g i.a./ha) tuvo un control similar al fungicida Pyrimethanil. Por otra parte, las aplicaciones de Pyrimethanil registraron beneficios en el control de la enfermedad en los parámetros de hoja más joven con pizcas y manchas, así como el porcentaje de hojas afectadas. Asimismo, las plantas tratadas con Pyrimethanil presentaron un mayor número de hojas funcionales con relación a las plantas testigo (Datos no presentados).

Estos resultados demuestran la efectividad biológica del fungicida Pyrimethanil sobre el hongo *M. fijiensis*, causante de la sigatoka negra en el cultivo del banano, lo cual confirman lo reportado por (1,2). En los últimos años, la pérdida de sensibilidad de *M. fijiensis* a fungicidas ha sido evidente en algunos países productores de bananos (3,5). El fungicida Pyrimethanil (anilino pirimidinas) posee un modo de acción diferente a los grupos químicos usados en la actualidad (5), por lo que su inclusión en el manejo de la enfermedad ayudaría a mejorar el control de sigatoka negra y los programas de manejo antiresistencia. En el caso de *M. fijiensis*, Duvert *et al.*, (1), señala que existe un riesgo moderado de desarrollo de resistencia que se puede comparar con los fungicidas triazoles y morfollinas, por lo que propone la siguiente guía de uso de Pyrimethanil contra sigatoka negra: aplicar siempre la dosis total recomendada y como máximo seis aplicaciones por año o un tercio del número total de ciclos de aspersión. Pyrimethanil puede ser usado en la época de lluvias o de secas y debe ser integrado en un programa de aplicaciones contra sigatoka negra con un patrón efectivo de alternancia con fungicidas de diferente modo de acción.

CONCLUSIONES: El fungicida Pyrimethanil aplicado en dosis de 240, 300 y 360 g de i.a./ha registró un control satisfactorio de la sigatoka negra del banano en el trópico seco de México.

BIBLIOGRAFÍA

1. Duvert, P. *et al.*, 2002. XV Reunión Int. ACORBAT 2002. (1ª ed.). p. 153-157. Cartagena de Indias, Colombia.
2. González, *et al.*, 2000. XIV Reunión Internacional ACORBAT 2000. p. 69. San Juan, Puerto Rico.
3. Marín, D.H. *et al.*, 2003. Plant Disease 87: 208-222.
4. Orozco-Santos, M. *et al.*, 2001. InfoMusa:26-31.
5. http://www.frac.info/anilinoipyrimi-dines_wg_nav.html.

Cuadro 1. Efecto de la aplicación del fungicida Pyrimethanil sobre el promedio ponderado de infección por Sigatoka negra en banano Gran Enano en Colima, México.

Tratamiento (i.a./ha)	Promedio ponderado de infección ^z					
	Fechas de muestreo					
	28/Oct/03 ^y	7/Nov/03	17/Nov/03	27/Nov/03	8/Dic/03	18/Dic/03
Pyrimethanil (240)	0.557 a	0.492 ab	0.676 a	0.733 ab	0.660 b	0.690 b
Pyrimethanil (300)	0.415 a	0.427 b	0.573 a	0.670 ab	0.661 b	0.548 b
Pyrimethanil (360)	0.585 a	0.497 ab	0.469 a	0.654 b	0.730 b	0.539 b
Tridemorph (450)	0.391 a	0.557 a	0.492 a	0.560 b	0.640 b	0.620 b
Testigo	0.461 a	0.480 a	0.425 a	1.333 a	2.102 a	1.877 a

^z = Las medias separadas con la misma letra significa que no existe diferencia significativa entre tratamientos de acuerdo a la Prueba de Tukey al 95% de probabilidad. ^y = Fecha del muestreo previo de la enfermedad.

¹INIFAP, Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México. E-mail: orozco.mario@inifap.gob.mx

EFICACIA DEL EXIT COMO COADYUVANTE PARA EL CONTROL DE *Mycosphaerella fijiensis* EN BANANO

EFFICACY OF EXIT AS COADYUVANT FOR *Mycosphaerella fijiensis* DISEASE CONTROL IN BANANAS

Vanderlaan, P.W.²⁵ y Pastor, F.²

SUMMARY. The trial was done in La Rita Pococi. The experimental unit consisted of 25 banana plants replicated four times in a completely randomized block design. Tridemorph and difenoconazole in an oil water emulsion, 7 liter oil and 1% NP7 for a total volume of 30 l/ha were compared to the same products using 2 liter oil and 250 cc Exit. An untreated check was included. Nine consecutive applications at a 9 day interval were conducted. Disease parameters evaluated were youngest leaf infected (YLI), youngest leaf spotted (YLS), and disease severity using Stover scale modified by Gaul. Statistical differences were found between the untreated check and fungicide treatments for all parameters evaluated. There were no differences among treatments for youngest leaf infected. However, there were differences between treatments with difenoconazole and tridemorph for youngest leaf with spots, difenoconazole yielding better disease control. No statistical differences in disease severity were found among treatments in the analysis for all evaluations. However, some weekly evaluations showed clear differences between treatments. Differences were observed between fungicides but not between the treatments with or without Exit.

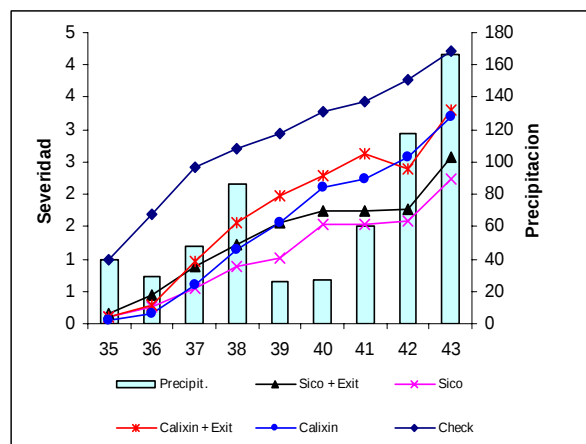
INTRODUCCION. La Sigatoka Negra, *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, es la enfermedad foliar mas importante de banano y plátano por el daño que causa y el costo que implica su control. El control de la enfermedad en los últimos años se ha basado en el uso de productos sistémicos aplicados en emulsiones de aceite y fungicidas protectantes. El aceite de petróleo se ha usado para el control de Sigatoka porque retarda el desarrollo de los estados iniciales de la infección y porque promueve la penetración del fungicida en la hoja. Sin embargo la acumulación de aceite en las hojas reduce la producción por interferencia en la fotosíntesis (Israeli et al., 1993). Se requieren nuevas alternativas para afrontar la situación que se presenta en el campo por lo que cualquier producto que permita reducir la cantidad de aceite sin afectar significativamente el control tiene un lugar en el control de Sigatoka. El Exit es un ester de ácidos grasos que promueve la penetración del fungicida y permite una reducción significativa en la cantidad de aceite.

MATERIALES Y METODOS. El ensayo se realizó en la Rita, Pococi durante los meses de julio a octubre del año 2003. Se utilizaron plantas de Gran Enano procedentes de cultivo de meristemas. La unidad experimental consistió en 25 plantas de banano, con cuatro repeticiones en un diseño de bloques al azar. Se evaluaron los siguientes tratamientos: difenoconazole y tridemorph en emulsión aceite agua, 7 litros de aceite y NP-7 al 1% para un volumen de 30l/ha, y difenoconazole y tridemorph en emulsión aceite agua con 2 litros de aceite, 250 cc de Exit y NP-7 al 1% para un volumen de 30 l/ha. Se incluyó un testigo sin tratamiento fungicida. Se realizaron 9 aplicaciones consecutivas a intervalos de 9 días. Se evaluaron las siguientes variables de la enfermedad: hoja más joven con estría, hoja más joven con mancha y severidad utilizando la escala de Stover modificada por Gaul. La unidad de muestreo fueron cuatro plantas por repetición escogidas al azar. Las evaluaciones se hicieron semanalmente y se iniciaron cuando la primera hoja aplicada alcanzó la posición cuatro y continuó hasta dos semanas después de la última aplicación.

RESULTADOS Y DISCUSION. Se encontraron diferencias significativas entre el testigo y los tratamientos con fungicida para todas las variables evaluadas. No se encontraron diferencias entre

tratamientos para la variable hoja más joven infectada. Si hubo diferencias entre los tratamientos con difenoconazole y los de tridemorph para la hoja más joven con mancha, mostrando mejor control el difenoconazole. No se observaron diferencias estadísticas en cuanto a severidad de la enfermedad entre los tratamientos para el análisis total, sin embargo algunas evaluaciones semanales mostraron claras diferencias entre los tratamientos. Las diferencias se dieron entre los dos diferentes fungicidas evaluados pero no entre el tratamiento con o sin Exit.

Fig.1. Severidad de la enfermedad para cada uno de los tratamientos



CONCLUSION. El Exit es una buena alternativa para reducir el uso de aceite en plantaciones de banano, ya que no se encontraron diferencias significativas entre el uso del producto con 7 litros de aceite vs el producto con 2 litros de aceite y Exit. Los tratamientos con 7 litros de aceite presentaron una infección ligeramente inferior a los de 2 litros más Exit en las épocas cuando la precipitación fue alta.

BIBLIOGRAFIA

- Israeli, Y.; Shabi, E.; Slabaugh, W.R. 1993. Sci.Hortic. 56: 107-117.

²⁵ Miller Chemical and Fertilizer Corp. Director de Latinoamérica

² Miller Chemical and Fertilizer Corp. Asesor Técnico-comercial

EVALUACION DE LA RESISTENCIA CRUZADA DE SPIROXAMINA Y PYRIMETHANIL CON OTROS FUNGICIDAS DE USO EN BANANO

EVALUATION OF THE CROSS RESISTANCE OF SPIROXAMINE AND PYRIMETHANIL WITH OTHER FUNGICIDES THE USE IN BANANAS

Roberto Gonzalez Q.¹

SUMMARY

The work was conducted in the Monreri Laboratories, Costa Rica, where it was evaluated the cross resistance of pyrimethanil and spiroxamine with some of the fungicides used for the control of Black Sigatoka in bananas plantations. The results show that Impulse and Siganex do not present any sign of cross resistance with any of the evaluated fungicides.

INTRODUCCIÓN

El problema mayor que enfrenta la industria bananera a nivel mundial es la alta resistencia del hongo *Mycosphaerella fijiensis* a los fungicidas sistémicos tradicionales y la poca producción de nuevos ingredientes activos con diferentes modo de acción. El objetivo principal del trabajo es generar información sobre resistencia cruzada de spiroxamina y pyrimethanil, con algunos otros fungicidas, lo cual permita, desarrollar estrategias adecuadas para el combate de la enfermedad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectaron diez aislamientos de *Mycosphaerella fijiensis*, siete de fincas comerciales y tres de áreas que nunca han sido tratadas con fungicidas, todas para ser evaluadas. Los aislamientos fueron seleccionados de áreas con diferente sensibilidad a triazoles y strobilurinas. Los fungicidas incluidos fueron propiconazole, bitertanol, tebuconazole, difenoconazole, tridemorph, trifloxistrobin, spiroxamina y pyrimethanil.

Los aislamientos monoasporicos de *M. fijiensis* crecieron en V-8 agar por 8-10 días. Las colonias fueron transferidas a una solución de Tween al 0.05% y agitada por un minuto. Luego, ocho gotas de Tween conteniendo micelio y conidios de *M. fijiensis* fueron asperjadas en platos petri conteniendo V-8 Agar. Los platos petri fueron incubados a 22 C por 12 días bajo luz continua. Después, los platos petri fueron llenados con una solución de Tween al 0.05%, y con una brocha, se soltaron los conidios de *M. fijiensis*. Se colectó la solución conteniendo los conidios y se establecieron concentraciones determinadas con el uso de un hematocímetro. Se ajustaron concentraciones de 10,000 conidios/cc, que se aplicaron sobre platos petri con Agar-Agua modificado con las diferentes concentraciones de fungicidas.

Dos platos por concentración fueron preparados. Los platos fueron incubados por 7 días a 25 C y se evaluó el diámetro de 10 colonias por plato, 20 por concentración. El crecimiento de las colonias de las diferentes concentraciones fue referido al crecimiento en los platos control, sin fungicida, y el los valores EC 50 fueron determinados utilizando una escala logarítmica X-Y, y se aplicó un análisis de regresión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró una alta correlación entre los triazoles evaluados, lo que indica que existe una clara resistencia cruzada entre ellos. La correlación no fue igual para todos los triazoles, lo que hace pensar que existen diferentes grados de resistencia cruzada entre los triazoles, dependiendo de la molécula.

No se encontró resistencia cruzada entre spiroxamine con los fungicidas evaluados, incluyendo al pyrimethanil. Tampoco, en el caso de pyrimethanil se encontró resistencia cruzada con los fungicidas evaluados (Tabla 1).

Estos resultados presentan tanto a spiroxamine como a pyrimethanil, como dos ingredientes activos totalmente diferentes para el combate de la Sigatoka Negra.

Tabla 1. Correlaciones entre Fungicidas Evaluados (P<0.01*)

	PROPIC	BITERT	TEBUC	DIFEN	TRIDEM	TRIFLO	SPIROX	PYRIM
PROPIC	-	0.69*	0.87*	0.87*	0.45	0.04	0.17	0.02
BITERT	-	-	0.85*	0.77*	0.53	0.06	0.002	0.07
TEBUC	-	-	-	0.81*	0.39	0.04	0.02	0.01
DIFEN	-	-	-	-	0.55	0.06	0.14	0.04
TRIDEM	-	-	-	-	-	0.06	0.02	0.002
TRIFLO	-	-	-	-	-	-	0.15	0.001
SPIROX	-	-	-	-	-	-	-	0.31
PYRIM	-	-	-	-	-	-	-	-

CONCLUSIONES

1. Existe resistencia cruzada entre los triazoles evaluados.
2. La resistencia cruzada entre triazoles no es igual para todos.
3. No existe resistencia cruzada entre Siganex y los otros fungicidas evaluados
4. No existe resistencia cruzada entre Impulse y los otros fungicidas evaluados
5. No existe resistencia cruzada entre Siganex e Impulse

RECOMENDACIONES

Bayer S.A recomienda re-evaluar los resultados de resistencia cruzada obtenidos entre spiroxamina y tridemorph, ya que los sitios de acción son similares, por lo que se esperaría una resistencia cruzada alta. Actualmente Bayer esta realizando investigaciones sobre este punto en los laboratorios en Monheim, Alemania.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los Ings. Teresa Arroyo, Rebeca Madrigal y Ricardo Astua de Laboratorio Monreri, Costa Rica, por sus valiosos aportes a este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Daniels, A., Birchmore, R. & Winter, E., 1994. Activity of pyrimethanil on *Venturia inaequalis*. Proc. Br. Crop Protect. Conf., 5A-4, 525-532.
2. González, R., Bocanegra, J., Osorio, C. & Valladares, J., 2000. Effect of Siganex (pyrimethanil) 60 SC in the control of Black Sigatoka. . ACORBAT – 2000, Resúmenes, XIV Reunión, p. 69.
3. 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.

¹ Bayer CropScience, Calle Blancos, San José, Costa Rica, Tel: (506) 243-60-37

IDENTIFICACIÓN DE CEPAS DE *Mycosphaerella fijiensis* RESISTENTES A BENOMIL USANDO LA REACCIÓN EN CADENA DE LA POLIMERASA PCR

Cañas, G. P.¹, Rodríguez, E.², Patiño, L.F.³ y Arango, R.E.⁴

SUMMARY: The purpose of this work was to implement a fast and reliable molecular method to differentiate benomil resistant and sensitive strains of *Mycosphaerella fijiensis*. Ten monoasporic strains of *M. fijiensis* were collected and classified according to their level of resistance. A fragment of 1200 bp containing a region of the β -tubulin gene of *M. fijiensis* was amplified and sequenced. A change of a cytosine to adenine on the second position of codon 198 was found in all strains classified as resistant. This finding was used to design specific primers which allowed the identification of resistant from sensitive strains.

INTRODUCCIÓN: La utilización de los benzimidazoles para el control de la Sigatoka negra se ha visto severamente disminuida debido a la presencia de poblaciones resistentes del hongo. A nivel molecular la resistencia a este tipo de fungicidas está asociado en muchos hongos fitopatógenos a mutaciones puntuales en el gen de la β -tubulina. Las mutaciones más comunes han sido localizadas en los codones 198 y 200, pero en el caso de *M. fijiensis*, la presencia de dichas mutaciones se desconocía. Para poder hacer un uso racional de los fungicidas químicos, es importante tener un conocimiento preciso del nivel y la dinámica de las poblaciones resistentes, lo cual puede lograrse con la implementación de un método molecular de diagnóstico. En este trabajo se implementó un método molecular rápido y confiable, que permite diferenciar cepas de *M. fijiensis* resistentes y susceptibles al benomil utilizando la PCR y/o corte con la enzima *Bsh1236I* (*FunDII*).

MATERIALES Y MÉTODOS: Esta investigación se llevó a cabo en la Unidad de Biotecnología Vegetal UNALMED-CIB. Se utilizaron 10 cepas de *M. fijiensis* provenientes de cultivos monospóricos, las cuales fueron clasificadas de acuerdo a su nivel de resistencia a través de una prueba de sensibilidad que consistió en sembrar cada una de las cepas en diferentes concentraciones del ingrediente activo benomil. Para la caracterización molecular se realizó la extracción del ADN (Restrepo y Jiménez (1980) y una amplificación por PCR de un fragmento del gen de la β -tubulina de *M. fijiensis* que contiene la región de los codones 198 y 200. Los fragmentos obtenidos fueron ligados en el vector de clonación pGEM-TEasy y secuenciados utilizando métodos estándar (Sambrook et al., 1987). Posterior al análisis de las secuencias, se diseñaron dos pares de primers que permiten diferenciar cepas resistentes de las sensibles al fungicida a través de PCR. Adicionalmente se realizó digestión de los fragmentos de β -tubulina con la enzima *Bsh1236I* (*FunDII*) (MBI Fermentas).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN: Mediante una prueba de sensibilidad se establecieron tres diferentes niveles de resistencia al benomil (resistencia alta, mediana y sensible). Se logró la amplificación de un fragmento del gen de β -tubulina de aproximadamente 1200 pb con los tres diferentes juegos de primers utilizados en el estudio, para cada una de las cepas ensayadas. Al realizar el análisis de las secuencias de los fragmentos de β -tubulina se encontró un cambio de una citosina por una adenina a nivel del codón 198 lo cual corresponde a nivel de aminoácidos en un cambio de un ácido glutámico por una alanina en todas las cepas analizadas clasificadas como resistentes.

Los juegos de primers específicos permitieron la identificación de cepas resistentes lo que fue confirmado mediante digestión del fragmento de β -tubulina con la enzima *Bsh1236I* (*FunDII*) (MBI Fermentas). Se observó un patrón de corte que permitió diferenciar las cepas resistentes de las sensibles.

CONCLUSIÓN: Se encontró un cambio de una citosina por una adenina en la segunda posición del codón 198 y se logró el establecimiento de un método molecular rápido y confiable a través del cual se logran diferenciar cepas de *M. fijiensis* resistentes de sensibles al benomil.

BIBLIOGRAFÍA

- Restrepo, A., y Jiménez, B. E. 1980. Journal of Clinical Microbiology 12: 279 – 281.
- Sambrook, J., Fritsch, E. F. y Maniatis, T. 1987. Molecular Cloning. USA 1.33 p.

¹ Unidad de Biotecnología Vegetal UNALMED-CIB. Investigadora

² Unidad de Biotecnología Vegetal UNALMED-CIB. Coordinador de investigación

³ Centro de Investigaciones del Banano (Cenibanano), AUGURA

⁴ UNALMED. Fac. de Ciencias. Profesor Escuela Biociencias. Cra 72 A # 78B-141Medellín – Antioquia. Colombia. e-mail: rarango@cib.org.co

MONITOREO DE SENSIBILIDAD DE FUNGICIDAS A *Mycosphaerella fijiensis* EN ECUADOR.

MONITORING OF FUNGICIDES SENSIBILITY TO *Mycosphaerella fijiensis* IN ECUADOR.

Héctor Calle ¹, John Washington ², Jenny Vergara ³

SUMMARY. Black sigatoka disease (*Mycosphaerella fijiensis*) is a very important restrictive factor for the banana production of Ecuador. The use of protectant and systemic fungicides is fundamental to manage the disease at economically acceptable levels. The systemic fungicides should be properly used to prevent the development of resistance to fungicides. The Fungicide Resistance Action Committee (FRAC) has generated *in vitro* tools for monitoring the fungicides so that it is possible to detect losses of sensitivity before negative consequences occur on a wide scale in the field. Dole-Ecuador has carried out fungicide sensitivity monitoring since 1994. Approximately a hundred farms are sampled per year, and each sample is composed of four plants (subsamples). Of each subsample, three replications are obtained and in each repetition forty ascospores are observed. Benzimidazoles, triazoles (DMIs) and strobilurin fungicides have been analyzed. Since 1998 a shift in the behavior of the group of benzimidazoles was detected and this served to promote the rational use of these fungicides in Ecuador. Until today, the EC 50 of DMIs has remained near 0.01 ppm, indicating that this important group of systemic fungicides has maintained efficacy. The strobilurin fungicides began to be used in Ecuador during 1999. Dole began resistance monitoring of this group of fungicides in the year 2002. Although the results to date have not revealed clear resistance levels, there is significant evidence of a shift in ascospore germination patterns at fungicide concentrations between 0.1 and 1.0 ppm. This observation should alert the banana industry in Ecuador that urgent measures should be taken to prevent or delay as long as possible widespread resistance to this important group of fungicides.

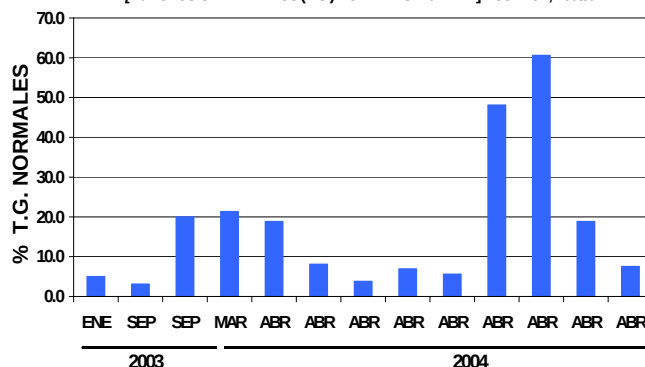
INTRODUCCIÓN. La sigatoka negra es el factor limitante más importante de la producción bananera ecuatoriana. El organismo causal (*Mycosphaerella fijiensis*) se desarrolla principalmente durante la estación lluviosa que ocurre de diciembre a mayo (1,400 mm/32° C).. Una adecuada estrategia de control se basa en el manejo integrado de la enfermedad consistente en el uso racional de fungicidas y el cumplimiento estricto de prácticas culturales relacionadas con la enfermedad. Dentro de este contexto, resulta fundamental realizar monitoreos de sensibilidad de los fungicidas en relación al organismo causal. La detección temprana de cambio de comportamiento puede evitar epidemias y también pueden ayudar a generar medidas que permitan prolongar la vida útil de un determinado fungicida.

MATERIALES Y METODOS. La metodología consiste en recolectar tejido foliar muerto por sigatoka y enviarlo al laboratorio para provocar la descarga de ascosporas. Se mide la germinación de esporas y la longitud de crecimiento de los tubos germinativos. En el caso de benzimidazoles se comparan las germinaciones normales y distorsionadas versus el testigo sin fungicida. La resistencia acontece cuando se alcanza el 5 o más % de germinación normal a 10 ppm. Para el caso de DMIs los resultados se grafican en una curva de regresión lineal donde se determinan los valores de la EC50 (Concentración Efectiva: 50% de inhibición de la elongación del tubo germinativo con relación al testigo). Una pérdida de sensibilidad es manifiesta cuando la EC 50 se ubica por encima de 0.1 ppm.

En el caso de las estrobilurinas, los resultados son expresados en distribución de frecuencias de la longitud de los tubos germinativos comparados con el testigo sin fungicida. La resistencia ocurre cuando una mayoría de tubos germinativos crecen normalmente a 10 ppm. (FRAC 1993,2003,2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. Los benzimidazoles mostraron una consistente pérdida de sensibilidad a partir de 1998. El 35% de las muestras tomadas en los años 2001/02 tuvieron germinaciones normales a 5 y 10 ppm. La EC 50 de los propiconazoles se ha mantenido alrededor de 0.01 ppm desde el año 1994. Similares resultados se han obtenido con los triazoles difenoconazole y bitertanol. Estos resultados son concordantes con aquellos obtenidos por DOLE en el campo a nivel comercial (promedio de 15 ciclos de aspersión/año). Las Estrobilurinas comenzaron a utilizarse en Ecuador desde 1999. Los resultados de los monitoreos del 2002 y 2003 mostraron una muy buena performance de estos fungicidas. En la primera mitad del año 2004 se observaron mayor cantidad de tubos germinativos creciendo entre el 50-75% de su tamaño normal a 0.1 ppm, tubos germinativos creciendo entre el 50-75% de su tamaño normal a 1.0 ppm y mayor cantidad de tubos germinativos creciendo normales a 0.1 ppm (Figura 1). Aunque los niveles de resistencia no se han alcanzado todavía, es evidente que hay crecimientos de tubos germinativos normales y cerca de los normales en dosis de 0.1 y 1.0 ppm, que no existían en los años 2002 y 2003. Es imprescindible que la Industria del banano en Ecuador tome urgentemente las debidas precauciones que conduzcan a prolongar la vida útil de este importante grupo de fungicidas.

FIG.1.MONITOREO DE SENSIBILIDAD DE ESTROBILURINAS A *Mycosphaerella fijiensis*
[% TUBOS GERMINATIVOS (T.G.) NORMALES A 0.1 PPM, ECUADOR, 2003/04



CONCLUSION. Los fungicidas del grupo benzimidazoles perdieron sensibilidad a partir del año 1998. La EC 50 de los fungicidas DMIs se ha mantenido en los alrededores de 0.01 ppm a través del tiempo. Se está encontrando longitudes cercanas a las normales y normales de tubos germinativos a 0.1 y 1.0 ppm en el caso de las estrobilurinas. Se recomienda alertar a la Industria del banano en Ecuador para que se tomen las debidas precauciones que conduzcan a prolongar la vida útil de este grupo de fungicidas.

BIBLIOGRAFIA

1. FRAC.1993. SBI Working Group Bananas. Conclusions and Recommendations. 3rd Meeting, January 21 & 22, Hotel Buena Vista Palace, Orlando, Fl. USA.
2. FRAC. 2003. Qol working group of FRAC. Minutes of a meeting on 13th and 14th January. Monheim, Germany.
3. FRAC .2004. Internet. [http:// www. gcpc.frac.org](http://www.gcpc.frac.org)

¹Gerente de Servicios Agrícolas. Dole-Ubesa. Guayaquil-Ecuador, hcalle@la.dole.com

²Agriculture Research Scientist. Dole Fresh Fruit International, San José, Costa Rica, P.O. Box 12-1007. jwashington@la.dole.com

³Supervisora de Investigaciones. Dole-Ubesa. Guayaquil-Ecuador, jvergara@la.dole.com

SENSIBILIDAD A FUNGICIDAS EN POBLACIONES DE *Mycosphaerella fijiensis* MORELET. ANÁLISIS GLOBAL

SENSITIVITY TO FUNGICIDES IN *Mycosphaerella fijiensis* MORELET POPULATIONS. GLOBAL OVERVIEW

M. Guzmán¹, S. Knight, H. Sierotzki, G. Franceschi y I. Alon

SUMMARY. Sensitivity monitoring data is very important in the fungicide resistance management recommendations. Recent monitoring data indicated a stabilization 14-DMIs sensitivity. There was a considerable variation in sensitivity values between farms, with a tendency towards lower sensitivity in the region with highest disease pressure, mainly in Costa Rica. *M. fijiensis* populations in Ecuador, Colombia and Cameroon are more sensitive to 14-DMIs than those of Central America. These fungicides continue being a valuable tool for Sigatoka control.

High frequency of strobilurins resistance continues being detected in Costa Rica and Panama farms. Ending 2003, low to moderate resistance levels were observed in some farms in Guatemala, Colombia, Ecuador and Philippines. Up to date no sensitivity shifts to strobilurins had been detected in Honduras, Belize and Ecuador. A responsible resistance management is essential for ensure an economic and sustainable bananas production

INTRODUCCIÓN. La resistencia a fungicidas se ha venido diseminando y constituye uno de los principales problemas en el diseño de los programas de control de la Sigatoka negra, enfermedad catalogada como una de las mas devastadoras a nivel mundial (Knight 2003, Guzmán 202). El monitoreo de la resistencia es esencial y su propósito es proveer un aviso temprano antes de que los problemas de reducción de eficacia de los fungicidas se observen en el campo (Brent,1995; Knight 2003). El presente informe resume las tendencias en la sensibilidad a los fungicidas DMI y a las estrobilurinas en las principales regiones productoras de banano de exportación. Dichos resultados deberán ser usados para reforzar o modificar las actuales recomendaciones para el manejo de la resistencia a fungicidas sitio-específicos.

MATERIALES Y METODOS. Ascosporas fueron descargadas sobre agar-agua enmendado con las siguientes concentraciones del fungicida:

Propiconazole: 0, 0.03, 0.1, 0.3, 1 y 3 ppm i.a. (finca); 0, 0.003, 0.01, 0.1 y 1 ppm i.a. (línea base)

Difenoconazole: 0, 0.003, 0.01, 0.03, 0.1 y 1 ppm i.a.(finca); 0, 0.0003, 0.001, 0.003, 0.01, 0.03 ppm i.a (línea base)

Azoxistrobina: 0, 1 y 10 ppm i.a. (finca y línea base)

Para determinar la sensibilidad en los fungicidas 14-DMI, se midió la longitud del tubo germinativo en las esporas germinadas y se calculó el valor EC50. En el caso de azoxistrobina, se midió la longitud del tubo germinativo de la espora, anotando cero crecimiento en las esporas no germinadas. Ascosporas con tubos germinativos con longitud superior a 150 micras en la dosis discriminadora (10 ppm i.a.) se consideran como resistentes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. Las poblaciones de *M. fijiensis* de Ecuador, Colombia y Camerun son mas sensibles a fungicidas DMI en relación a las poblaciones de Centro América.

Se aprecia una fuerte correlación entre los valores de sensibilidad obtenidos para el difenoconazole y el propiconazole. La sensibilidad a DMIs se estabilizó a partir de 1998-99 en la mayoría de países centroamericanos. Durante el 2003 se apreció una ligera recuperación en algunas fincas en Belice, Honduras, Guatemala. Sin embargo, en monitoreos recientes se apreció una tendencia hacia la reducción de sensibilidad en algunas fincas de Costa Rica y Panamá. Existe una considerable variación en los valores EC50 entre las diversas fincas, con una tendencia hacia una menor sensibilidad en las zonas de mayor precipitación pluvial y donde la presión de la enfermedad es mas alta.

Sin embargo, se ha detectado una tendencia hacia la recuperación de la sensibilidad en algunas fincas que integraron fuertemente el uso de fungicidas multi-sitio, como el clorotalonil, en sus programas de control. La sensibilidad a fungicidas DMI es satisfactoria y permanece relativamente estable en las poblaciones de *M. fijiensis* provenientes de Ecuador, Colombia y Camerún.

Altos niveles de resistencia a estrobilurinas continúan observándose en la mayor parte de las fincas de Costa Rica y Panamá, lo que indica frecuencias de resistencia estables. A finales del 2003, bajos a moderados niveles de resistencia se detectaron en varias fincas ubicadas en la costa atlántica de Guatemala, Colombia, Camerún y Filipinas. A la fecha, no se han detectado cambios significativos en la sensibilidad en Belice, Honduras y Ecuador.

CONCLUSIONES. Aunque la sensibilidad a fungicidas DMI se ha estabilizado en la mayoría de las regiones, un incremento en los valores EC50 se está detectando en algunas fincas de Costa Rica y Panamá, generalmente ubicadas en zonas de alta precipitación pluvial donde la presión de inóculo y uso de fungicidas triazoles es mas alta. Se aprecia una significativa variabilidad en los niveles de sensibilidad detectados entre las diversas fincas. La presión de selección y las condiciones intrínsecas influyen el nivel de sensibilidad en cada finca. Sin embargo, los fungicidas DMI continúan como una herramienta esencial en los programas de control de Sigatoka negra.

La integración de fungicidas multi-sitio en los programas de control constituye una valiosa herramienta en el manejo de la resistencia. Los datos indican una amplia variación en las frecuencias de resistencia a estrobilurinas aún en fincas pertenecientes a la misma compañía y zona de producción. Altos y estables niveles de resistencia continúan detectándose en Costa Rica y Panamá. Condiciones que favorecen una alta presión de inóculo están también asociadas con el incremento del riesgo de resistencia. No se espera una rápida recuperación en la sensibilidad a estrobilurinas en áreas con altos niveles de resistencia.

Inmediatas medidas estratégicas para el manejo de la resistencia deberán ser tomadas en la costa norte de Guatemala, Colombia, Camerún y Filipinas.

Todas las medidas que permitan mantener bajos niveles de inóculo en la plantación contribuirán, sin duda, a minimizar la proliferación de las esporas resistentes a fungicidas sitio-específicos. Los programas que incluyan todas las herramientas disponibles y factibles para el control de Sigatoka deberán ser incorporados de acuerdo a los lineamientos dictados por FRAC.

BIBLIOGRAFÍA

1. Brent, K.J. (1995). Fungicide Resistance in Crop Pathogens: How can it managed? FRAC monograph No. 1. GIFAP, Brussels.

2. Guzmán, M (2002). Situación de la Sigatoka negra en Costa Rica y opciones para el manejo de la enfermedad. ACORBAT, 15ª. Reunión. Colombia.

3. Knight, S. (2003). Syngenta Global Banana Workshop. Informe interno. Costa Rica.

¹Syngenta Costa Rica SA, San José, PO Box 247-1150, Costa Rica. Tel (506) 293-9500; Fax (506) 293-1628.
E-mail: marcial.guzman@syngenta.com

**7th MEETING OF THE FRAC BANANA WORKING GROUP.
Miami, 11-12 February 2004**

**7a REUNIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO DE BANANO DE
FRAC. Miami, 11-12 DE Febrero Del 2004.**

K. Heinz Kuck¹, A. Kroneberg², G. Zuninga², K. Stoermer², A. Boebel¹, R. Gonzalez¹, R. Guendel¹, A. Martinez³, R. Blanco³, F. Gauhl⁴, J. Sandoval⁵, D. Marin⁶, J. F. Rodriguez⁶, G. Leandro⁷, H. Calle⁷, B. Sheppard⁸, M. V. Blanco⁸, J. Gonzalez⁹, T. Arroyo¹⁰, L. Jacome¹¹, G. Yepez¹², H. Sierotzki¹², M. Guzman¹², E. Bureau¹³, and M. J. Garcia¹³.

General: The following guidelines were updated during the 7th FRAC Banana Working Group meeting held at Miami, Florida on February 11-12, 2004.

In general terms, the use of fungicides with a different mode of action applied in tank mixtures or in alternated sprays are both suitable approaches to minimize the risk of resistance development. These use strategies are valuable for all site specific fungicides and in situations when there is a need to cope with a shift towards decreased sensitivity.

The anti-resistance strategies only allow a limited number of applications with the site-specific fungicides. Therefore, the use of these materials in alternation with fungicides belonging to other non cross resistant classes seems to be the best approach in order to allow the necessary total number of sprays which are required with the site-specific fungicides for efficient Black Sigatoka control over the whole high pressure period.

New fungicides will be available in the future, and therefore amendments to these guidelines will be done accordingly.

Sensitivity situation 2004:

Mycosphaerella fijiensis has developed resistance to a number of fungicides rapidly in the past. It is therefore regarded as a high risk pathogen and the working group recommends the establishment of a monitoring method and assessment of the baseline sensitivity prior to market introduction of any new site-specific fungicide used in banana production.

Benzimidazoles. Resistance to benzimidazoles is now wide spread in Latin America. Del Monte provided monitoring data during the meeting.

Amine Fungicides (includes Morpholines and Spiroketalamines).

In general the sensitivity to tridemorph has not changed. Reports on reduction of sensitivity to tridemorph in Panama will be followed up with a monitoring programme in 2004. A new molecule belonging to this fungicide class was presented at the meeting. Spiroxamine baseline for Latin America is established.

DMIs (Triazoles). A significant shift in Costa Rica, Panama and at the north coast of Guatemala was observed between 2000 and 2003 for all triazoles. A stable situation was recorded in Mexico, Belize, south coast of Guatemala, Honduras, Nicaragua, Colombia and Ecuador.

The populations are at a slightly shifted level since the last four years. Data was presented for Philippines. A slight difference was observed between treated and untreated samples. Monitoring will continue to follow up the recorded results. The majority of samples from Cameroon had slightly decreased sensitivity values when compared to the baseline.

QoI Fungicides (Strobilurins). Field resistance to QoI fungicides has been reported in the north coast of Guatemala, Costa Rica, Panama and Colombia. Resistance has been detected during routine monitoring programmes without decreased product performance in Philippines and Cameroon. The use of germ tube length for monitoring of QoI resistance was discussed. Studies will be carried out to understand better the importance of ascospores with intermediate germ tube length between 50 and 150 µm for evaluation of resistance (Syngenta). The effect of SHAM and the impact of the alternative oxidase in *M. fijiensis* will be investigated and results should be reported to the group as soon as they are available (BASF).

Anilinopyrimidines. Pyrimethanil was presented as a new fungicide used in banana production in Belize, Cameroon and the Philippines.

Use Guidelines

Some general statements apply to all fungicides used in bananas:

- For a mixture to be effective in a resistance management strategy the rate of each component must be sufficient to provide satisfactory control when used alone at the same rate.
- Protective (multi site) fungicides are considered to be a very valuable and necessary tool for the banana Sigatoka control programs.
- Site-specific fungicides must be applied in oil or oil-water emulsions.

DMI fungicides. Field experience in bananas has shown that *M. fijiensis* can develop resistance to the DMI fungicides. The DMIs are and will continue to be very key tools for the efficient control of Black Sigatoka in bananas. An effective anti-resistance strategy must be followed when using these materials, in order to protect their fungicidal performance over the long term.

Amine Fungicides (includes Morpholines and Spiroketalamines). The number of amine applications used either alone, in mixture with the DMIs or other classes of fungicides must not exceed a total of 12 applications within a 12 month period.

QoI Fungicides (Strobilurins). A maximum of 4 applications of QoI fungicides should be used during a 12 month period. Do not apply QoIs in consecutive sprays.

Benzimidazole Fungicides. The benzimidazole fungicides must not be applied in consecutive sprays. The applications of these fungicides should not exceed a total of 3 applications per 12 month period. It is also recommended that this class of fungicides must be always used in mixtures with mancozeb.

Anilinopyrimidine Fungicides. The number of applications must not exceed 6 per 12 month period, solo or in mixture with fungicides with different mode of action.

¹Bayer CropScience

²BASF

³Belize Banana Growers

⁴Chiquita

⁵Corbana

⁶Del Monte

⁷Dole

⁸Dow AgroScience

⁹Duwest

¹⁰Monreri

¹¹Patotech

¹²Syngenta

NUEVO MÉTODO PARA LA DIFERENCIACIÓN A NIVEL FOLIAR DE LA RESISTENCIA A *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*.

NEW METHOD FOR THE DIFFERENTIATION OF RESISTANCE TO *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* OF LEAF LEVEL.

Companioni B.¹, N. Mora¹, L. Díaz¹, A. Pérez¹, M. Arzola¹, P. Espinosa¹, M. Hernández¹, J. Ventura², M. C. Pérez³, R. Santos¹ y J. C. Lorenzo¹.

SUMMARY. We previously developed an easy-to-do procedure to differentiate field-grown resistant and susceptible banana cultivars of *Fusarium* wilt at leaf level. The present report includes measurements of other indicators such as biochemical compounds. The use of discriminant analysis to differentiate resistant and susceptible banana cultivars in breeding programmes is also a novel aspect of this report. Such estimation was performed from a data matrix that included the effects of the fungal metabolites (leaf lesion area and levels of free and cell wall-linked phenolics, aldehydes, except malondialdehyde, and proteins) over banana leaves of seven cultivars.

INTRODUCCIÓN. La producción de los bananos y plátanos (*Musa* spp.) se encuentra amenazada por el ataque de enfermedades como la Fusariosis. Los sistemas de selección de la resistencia a esta enfermedad en condiciones de campo resultan trabajosos, destructivos y consumen mucho tiempo (2). En trabajos previos se desarrolló un procedimiento para la diferenciación de la susceptibilidad o resistencia del banano a *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza 1 (1). El presente trabajo se realizó con el objetivo de monitorear algunos cambios bioquímicos que se producen en las hojas, aplicados con filtrados del cultivo del hongo, y en desarrollar funciones discriminantes para la diferenciación de clones de bananos susceptibles y resistentes a *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza 1.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se compararon dos clones de banano: Gros Michel y FHIA-01, a los que se les aplicó el filtrado del cultivo del hongo según (1). A las 48 horas después de la aplicación se colocaron en nitrógeno líquido para los posteriores análisis bioquímicos. El modelo matemático (funciones discriminantes) para diferenciar cultivares susceptibles y resistentes se estimó en una segunda parte del trabajo. Tal estimación se realizó a partir de una matriz de datos que incluyó el efecto de los metabolitos del hongo sobre hojas de siete cultivares de banano (cuatro susceptibles y tres resistentes).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. En el cultivar FHIA-01, el filtrado de cultivo incrementó el contenido de fenoles ligados a la pared, y el contenido de aldehydos (exceptuando malondialdehído). En ambos cultivares los metabolitos del hongo no causaron variaciones en la actividad peroxidasa, en el contenido de pigmentos clorofílicos, y en los niveles de malondialdehído. El uso del análisis del discriminante para diferenciar cultivares resistentes y susceptibles constituye un nuevo elemento en este trabajo. Además, se muestra que la resistencia al Mal de Panamá puede ser también diferenciada a nivel de hojas (tabla 1).

Tabla 1. Clasificación en susceptibles o resistentes hecha por las funciones discriminantes a clones de banano con resistencia o susceptibilidad en campo conocidas.

Clasificación del clon en	Clon	Planta	Resultados de las funciones discriminantes ^a	
			Para clones susceptibles	Para clones resistentes
Susceptible	Gros Michel	1	49.255 a	48.127 b
		2	46.442 a	40.972 b
		3	29.371 a	29.838 a
		4	30.562 a	27.166 b
	Manzano Criollo	1	45.230 a	37.693 b
		2	52.264 a	49.155 b
		3	47.510 a	43.416 b
		4	42.704 a	36.236 b
	Manzano Acuña	1	57.353 a	47.340 b
		2	41.076 a	40.217 b
		3	62.095 a	54.015 b
		4	41.543 a	34.835 b
	Pisang Mas	1	51.796 a	46.615 b
		2	47.067 a	43.117 b
		3	60.945 a	56.036 b
		4	73.495 a	53.789 b
Resistente	FHIA-18	1	78.711 a	64.470 b
		2	40.457 b	46.716 a
		3	36.744 b	45.409 a
		4	45.783 b	49.332 a
	Gran Enano	1	20.958 b	22.474 a
		2	41.059 b	41.210 a
		3	27.125 b	31.802 a
		4	9.197 b	12.842 a
	FHIA-01	1	46.482 b	51.774 a
		2	29.125 b	36.221 a
		3	46.142 b	46.329 a
		4	24.516 b	28.619 a

^a En cada planta, medias con letras iguales no difieren estadísticamente (Mann-Whitney, p<0.05).

CONCLUSIONES. A las 48 horas de la aplicación del filtrado del cultivo del hongo en las hojas de banano, los metabolitos del hongo causaron variaciones en los niveles de fenoles libres y ligados a las paredes celulares, aldehydos y proteínas totales. No ocurre así con la actividad peroxidasa, y los contenidos de clorofilas y malondialdehído. Las funciones discriminantes desarrolladas en la presente investigación constituyen una herramienta del mejoramiento genético de la resistencia del banano a *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza 1. Permiten clasificar nuevos clones de banano en resistentes o susceptibles, de una forma rápida y no destructiva.

BIBLIOGRAFÍA

- Companioni, B., M. Arzola, Y. Rodríguez, M. Mosqueda, M.C. Pérez, O. Borrás, J.C. Lorenzo, R. Santos. 2003. Euphytica, 130: 341-347.
- Daniells J., D. Davis, R. Peterson, K. Pegg. 1995. Infomusa, 4 (1): 6.

¹Laboratorio de Mejoramiento Genético, Centro de Bioplantas, Universidad de Ciego de Ávila, Cuba.

E-mail: bcompanioni@bioplantassu
²Instituto Nacional de Investigaciones en Viandas Tropicales, Santo Domingo, Villa Clara, Cuba.

³GEPROP, Centro de Gerencia de Programas y Proyectos Priorizados, Ciudad de La Habana, Cuba.

DISTRIBUCIÓN E INCIDENCIA DEL MOKO *Ralstonia solanacearum* Raza 2 EN EL CULTIVO DE PLÁTANO (*Musa AAB* Simmonds) EN EL DEPARTAMENTO DEL META COLOMBIA

DISTRIBUTION AND INCIDENCE OF MOKO CAUSED BY *Ralstonia solanacearum* race 2 IN PLANTAIN (*Musa AAB* Simmonds) CROP IN THE DEPARTMENT OF META

Gerardo José Salcedo Herrera¹, Celsa García Domínguez², Alfonso Martínez Garnica³

SUMMARY In the plantain plantations of the department of Meta in nine municipalities and other plataneras zones of foot hill in the departments of Arauca and Casanare they were sampling to try to establish the distribution and the incidence of the well-known disease like moko or ereke caused by the *Ralstonia bacterium solanacearum* Race 2. In all of the municipalities was a random space distribution and among them one slight tendency to the increase of the incidence, an increase of the incidence towards the south of the coincident department with a reduction of the Ariari river. The incidence of the disease in all the municipalities except in Uribe is alarming. In addition to the used parameter to measure the incidence of the disease it was used another one known as compromised area, consisting in taking the totality of area of the culture where the disease was found, independently of the number of plants with the presence of the moko, this, based on dissemination power of the bacteria. Of another hand, only department of Casanare is free of the disease.

INTRODUCCIÓN: Se considera que el moko es la enfermedad bacteriana más importante de las musáceas (Granada 2002). El moko es causado por la bacteria llamada *Ralstonia solanacearum* Raza 2 (antes *Pseudomonas solanacearum* E. F Smith (1896). (Yabuuchi et. al 1996)) y se registró por primera vez en el país en 1954 atacando plátanos de tipo cachaco o cuatro filos (*Musa ABB*, Simmonds) localizados entre los municipios de Prado y Purificación en el Tolima. Esta enfermedad causa grandes pérdidas ya que hay que eliminar las plantas enfermas y algunas de las que la rodean y por supuesto se reduce en forma significativa la producción. La enfermedad se ha diseminado por los Llanos orientales causando pérdidas económicas considerables. Entre Junio de 2001 y junio de 2003 el Instituto Colombiano Agropecuario eliminó en el departamento del Meta más de 143.000 plantas de plátano contaminadas con la bacteria, calculándose una pérdida de 360 millones de pesos.

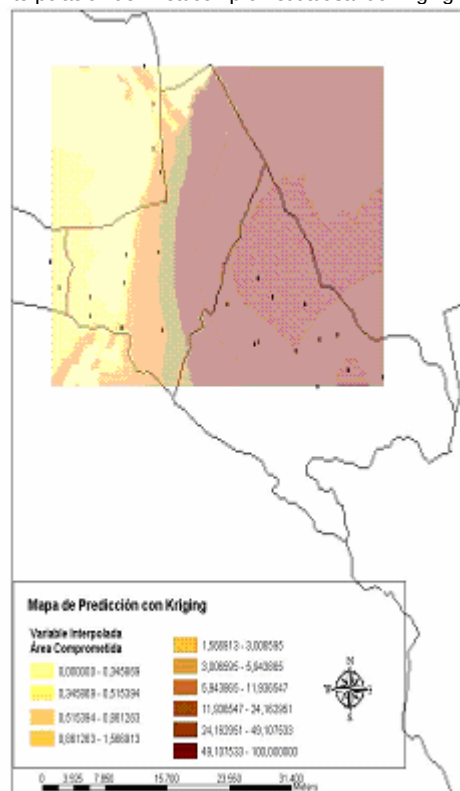
MATERIALES Y MÉTODOS Este trabajo muestra los resultados de un conjunto de observaciones que se hicieron en distintas fincas de los municipios productores de plátano en el Departamento del Meta durante noviembre de 2002 y junio de 2003, en especial en la zona del Ariari, y en las zonas productoras de los departamentos de Arauca y Casanare. Se estimó que el porcentaje mínimo de área muestreada debería ser de 10% del área total sembrada para el caso de Meta (12.000 hectáreas de plátano sembradas) y Arauca (8.000 hectáreas) y casi el 100% para Casanare (1.000 hectáreas de cultivo de plátano en su totalidad). El proyecto comprendió las siguientes zonas productoras de plátano del Departamento del Meta: Zona del río Ariari en los municipios de Granada, Lejanías, Fuente de Oro, Puerto Lleras, El Castillo; zona del río Duda en los municipios de Mesetas y Uribe y zona del Meta en el municipio de Puerto López.

En los municipios de El Castillo, Fuente de Oro y Granada se tomaron las coordenadas geográficas usando el sistema de posicionamiento global. En cada plantación se hizo el muestreo iniciándose en una de las esquinas del lote, yendo posteriormente en forma diagonal hasta el centro y de allí hasta el otro extremo, evaluando y contando el número de plantas sanas e infectadas. De esta manera se obtuvo información sobre la incidencia de la enfermedad por plantación (número de plantas afectadas del total de evaluadas), por municipio productor de plátano, por zona productora y por departamento.

Se incorporó el concepto de área comprometida como herramienta para el análisis de la incidencia de la enfermedad. Con él en todas las plantaciones donde se encuentra el moko se asume como que la totalidad de la plantación presenta la enfermedad, sin importar el número de plantas que se encuentren afectadas por sitio muestreado. Esto debido al poder de diseminación del patógeno. Este parámetro fue ideado por técnicos de ICA, CIAT y CORPOICA en la zona cafetera y comúnmente viene siendo utilizado por las tres Instituciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. Se evaluaron en nueve municipios un total de 1948 Ha. Encontrándose la enfermedad en 873 Ha. Dentro de ellos, siendo los mayores valores los de los municipios de Fuente de Oro y Granada con 474 y 120 Ha. Respectivamente. En el análisis que resulta interpolando la variable área comprometida podemos observar una tendencia muy definida de los resultados, esta es un incremento del área comprometida de occidente a oriente, o desde el municipio de El Castillo y Granada en aumento hacia el municipio de Fuente de Oro, en El Castillo los valores van desde cero a cinco hectáreas afectadas siendo similar este valor en Granada y ocurriendo un aumento que ubica en el municipio de Fuente de Oro rangos entre las cinco y cuarenta y nueve hectáreas afectadas por moko.

Figura 1. Interpolación del Área comprometida usando Kriging.



CONCLUSIÓN. Existe relación en el comportamiento de la distribución del moko en la zona del Ariari en el Departamento del Meta. La enfermedad ha llegado a un punto en donde se hace necesario tomar medidas para evitar su mayor diseminación en el departamento del Meta.

BIBLIOGRAFÍA:

1. CAMPBELL L.C., NOE J.P. 1985. The spatial analysis of soilborne pathogens and root diseases. Annual review of phytopathology 23 129-148
2. Lozano, J.C.; H.D. Thurston; G.E. Gálvez. 1965 Marchitamiento Bacterial (Moko) del plátano causado por *Pseudomonas solanacearum*. Agricultura TROPICAL 21: 557- 562.
3. MARTINEZ, G.A. Y BECERRA, J.J. 1997. Evaluación del sistema de producción de plátano Departamento del Meta. Corpoica-PRONATTA. 36 p.

²⁶ Estudiante de Agronomía gjsalcedoh@unal.edu.co

² Ph.D. Profesor asociado Universidad Nacional de Colombia. cgarcia@bacata.unal.edu.co

³ Ph.D Investigador de Corpoica amartinez@andinnet.com

ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE *Ralstonia solanacearum* raza II, CAUSANTE DE LA MARCHITEZ BACTERIAL DEL BANANO

ALTERNATIVES FOR MANAGEMENT OF *Ralstonia solanacearum* raza II CAUSING OF BACTERIAL WILT BANANO DISEASE

Martínez, B. L.¹

SUMMARY. The moko disease of banana in Mexico is an important problem, because in this work was evaluated some alternatives for the control *in vitro*. The bacterial growth was inhibited by means of treatment of plant extract and antibiotics, however is necessary another assays with the treatments under natural conditions with biotic and abiotic competition; although bioassays are necessary like to process of pre screening.

INTRODUCCIÓN. El banano (*Musa* sp.) es la fruta tropical más importante del mundo. En México el banano es un cultivo de gran importancia económica y social, tanto por la superficie cosechada y volumen de producción como por la generación de empleos y divisas; Sin embargo, el banano es susceptible al ataque de fitopatógenos, de tal forma que gran parte del costo de producción se dedica al control de enfermedades. Entre las enfermedades vasculares del plátano se encuentra el moko bacteriano, el cual representa uno de los problemas más importantes del cultivo, ya que además de ocasionar la muerte de plantas, es un factor determinante en la restricción comercial de la producción obtenida en regiones con dichos problemas. La marchitez bacterial ó moko bacteriano del plátano ha causado problemas serios en diferentes partes del mundo, en nuestro país se detectó por primera en la zona de Tapachula, Chiapas en 1960; actualmente se encuentra distribuido en otros municipios del estado de Chiapas y Tabasco, favorecido por diferentes factores. A pesar de que el estudio del moko bacteriano se inició con Erwin F. Smith en 1896, actualmente el manejo de esta bacteria ha sido muy complejo, debido a su forma de reproducción y alta capacidad de generación de resistencia a productos químicos, así mismo por las formas de diseminación y sobretodo la diferentes formas de sobrevivencia que presenta (Thurson, 1989). Por otra parte se conoce que algunas plantas producen compuestos fenólicos que inhiben el crecimiento de bacterias fitopatógenas, como las fitoalexinas, flavonoides, ligninas, etc (Leszek, 2003); así mismo existen microorganismos que producen de manera natural metabolitos secundarios que derivan la antibiosis de las bacterias fitopatógenas (Sing and Faull, 1988). Con base a lo anterior y aprovechando el potencial florístico del estado de Tabasco, se inició una evaluación *in vitro* de extractos vegetales y antibióticos, con el objetivo de controlar a la marchitez bacterial del banano (*Ralstonia solanacearum* raza II), y que en general representen una alternativa sustentable para el manejo de la enfermedad, ante el uso indiscriminado de sustancias tóxicas.

MATERIALES Y METODOS. El experimento se desarrolló en el laboratorio del Centro Regional Universitario del Sureste de la Universidad Autónoma Chapingo, se usó una cepa de *Ralstonia solanacearum* raza II aislada de una planta enferma de banano. El medio de cultivo que se uso en la evaluación fue el TTC de Kelman, en donde se asperjó 0.5 ml de una suspensión bacterial a una concentración de 10^8 cfu ml⁻¹. Los tratamientos a evaluar se aplicaron en cajas petri estériles en donde se depositaron discos de papel filtro estéril de 5 mm de diámetro. Posteriormente se tomó un disco por tratamiento y se colocó en un medio de cultivo. Las cajas se incubaron a 32 °C, durante 72 horas.

Los tratamientos fueron: oxitetraciclina (dosis: 0.01 g ml⁻¹; 0.02 g ml⁻¹; 0.04 g ml⁻¹); Belaplus (extractos de plantas dosis: 0.05 ml ml⁻¹; 0.1 ml ml⁻¹; 0.2 ml ml⁻¹ y 0.4 ml ml⁻¹); oxícloruro de cobre pentahidratado (dosis: 0.2 ml ml⁻¹ y 0.4 ml ml⁻¹), extractos de hojas de cocohite (*Gliricidia sepium* (Jacq)) (dosis: 1000, 5000 y 10,000 ppm), extractos de hojas del maguey morado (*Tradescantia spathacea* Sw) (dosis: 1000, 5000 y 10,000 ppm), y extractos de hoja de la planta coralillo (*Hamelia patens* Jacq) (dosis: 1000, 5000 y 10,000 ppm), como testigo se usaron discos de papel filtro tratados con agua destilada y esterilizada. Se usaron seis repeticiones por tratamiento. La evaluación consistió en determinar la inhibición del crecimiento bacterial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. En el proceso de evaluación de alternativas para el manejo de la marchitez bacterial del banano, se obtuvo la inhibición del crecimiento de *R. solanacearum* raza II en los tratamientos con: Belaplus^R (extractos de plantas) a 0.2 ml ml⁻¹ y 0.4 ml ml⁻¹, oxitetraciclina a 0.02 g ml⁻¹; 0.04 g ml⁻¹, oxícloruro de cobre pentahidratado en 0.2 ml ml⁻¹ y 0.4 ml ml⁻¹, extractos de maguey morado (*T.spathacea* Sw) en 10,000 ppm, y los extractos de hojas de coralillo (*H.patens* Jacq) en 10000 ppm. A pesar de que la evaluación *in vitro* de extractos vegetales y antibióticos muestran resultados alentadores dentro de un sistema del manejo integrado de la marchitez bacterial del banano, es importante evaluar en campo los tratamientos, en donde precisamente tendrán que interactuar con factores bióticos y abióticos; sin embargo, consideró de gran importancia este tipo de estudios, puesto que nos sirven como parte de un sistema de preselección de tratamientos.

CONCLUSIÓN. El control *in vitro* de *R. solanacearum* raza II causante del moko bacteriano del banano puede realizarse mediante el uso de extractos vegetales, antibióticos y otros productos poco contaminantes. Sin embargo es necesario su evaluación en campo y de formen parte de un sistema de manejo integrado de la enfermedad.

BIBLIOGRAFIA

1. Leszek S. J. 2003. Reguladores de crecimiento, desarrollo y resistencia en plantas: propiedades y acción. Ed. Mundi-Prensa. México, D.F.
2. Singh, J. S. and Faull, J. L. Biocontrol of Plant Diseases. V. II. CRC PRESS. Florida, USA. Pp. 167 – 177.
3. Thurson H., D. 1989. Tropical Plant Diseases. American Phytopathological Society. St. Paul, Minesota, U.S.A. 236 p.

¹ Profesor Investigador. Universidad Autónoma Chapingo. Centro Regional Universitario del Sureste. San José Puyacatengo, Teapa, Tabasco. C.P. 86800.

MANEJO ALTERNATIVO DE FITONEMATODOS EN BANANO Y PLÁTANO

ALTERNATIVE MANAGEMENT OF FITONEMATODES ON BANANA AND PLANTAIN

L.E. Pocasangre²⁷, A. Zum Felde²⁸, A. Meneses², C. Cañizares², A. S. Riveros³, F.E. Rosales⁴, R. Sikora⁵

SUMMARY. Studies conducted over seven years have demonstrated that natural population of endophytic fungi associated to the banana rhizosphere has a potential antagonistic activity to phytonematodes. Ten percent of the endophytic fungi isolated from the roots have a strong antagonistic activity to the barrowing nematode *Radopholus similis*. Reduction up to 90% of the final population of the nematode in the root system of protected plants in comparison to unprotected plants have been recorded. In addition, to the nematode biocontrol the endophytic fungi favoured the plants growth promotion and increased the plant vigour. The potential use of the endophytic fungi for biological enhancement of planting material, represents an alternative to nematode control in commercial plantation. Furthermore the technology permit to combine biocontrol agents with the micro-propagation system for the protection of new banana plantations. The use of protected planting material can eliminate the use of nematicide at planting time as well as to reduce and extend the nematicide application cycles.

RESUMEN: Esta completamente establecido que los fitonematodos son los patógenos de mayor importancia del sistema radical en banano y el plátano. Pérdidas económicas entre 10 al 50 % han sido documentadas en plantaciones comerciales de banano en varios países productores a nivel intercontinental. Actualmente, el manejo convencional de fitonematodos en banano se basa en dos a tres aplicaciones de nematicidas y el costo del control oscila entre US\$350 a 500 por hectárea por año.

A pesar del intenso uso de nematicidas, el control de los fitonematodos no ha sido eficiente y en algunos casos, el problema del deterioro del sistema radical se ha incrementado, resultando en plantaciones altamente infestadas, las cuales difícilmente pueden recuperarse a un nivel productivo económicamente rentable. Por otra parte, este método de control reduce o elimina las poblaciones de antagonistas naturales de fitonematodos presentes en el suelo y asociados a la rizosfera.

Investigaciones realizadas durante los últimos siete años en la Universidad de Bonn, Alemania y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica han demostrado que poblaciones de hongos endofíticos presentes en el tejido interno de raíces de banano y plátano pueden ser utilizadas como agentes biológicos de control de fitonematodos. Los resultados de estas investigaciones han determinado que el 10% de los hongos endofíticos colectados presentan una alta actividad antagonista sobre el nematodo barrenador *Radopholus similis* evaluado en siete diferentes cultivares de banano y plátano. Reducciones hasta del 90% de la población final de *R. similis* en el sistema radical de plantas protegidas con hongos endofíticos han sido registradas en varios experimentos repetidos en el tiempo. Estudios relacionados con el mecanismo de acción del biocontrol han determinado que los hongos actúan parasitando el cuerpo de larvas y adultos del nematodo y también mediante liberación de

sustancias toxicas. Asimismo se considera que estos hongos también pueden actuar activando mecanismos de resistencia en la planta.

Adicionalmente al biocontrol de nematodos, las plantas protegidas con hongos endofíticos han presentado un incremento en la longitud, área, volumen y peso del sistema radical en comparación con plantas no protegidas. Asimismo, el peso foliar y vigor general de las plantas ha sido superior que en plantas no protegidas. Probablemente, este fenómeno de promoción de crecimiento y vigor de la planta este relacionado con la mayor superficie de exploración y absorción de nutrientes del sistema radical de la planta.

Dentro de las ventajas que presenta el uso de hongos endofíticos se pueden destacar: su fácil cultivo y multiplicación en medios de cultivo sintéticos, pueden ser conservados a largo tiempo, producen alta cantidad de inoculo, tienen capacidad de recolonizar diferentes cultivares de banano y plátano y el costo de preparación y aplicación es mas bajo que el uso de nematicidas.

Actualmente, la mayoría de las plantaciones comerciales de banano se siembran con plantas de cultivo de tejidos, debido a las ventajas que presenta sobre el uso de cormos o retoños. Sin embargo, cuando las vitroplantas son sembradas en suelos infestados han sido mas susceptibles al ataque de nematodos, Mal de Panamá y virosis, debido a que están libres de antagonistas naturales que si están presentes en los cormos. Consecuentemente, estos hongos endofíticos puede ser utilizados para mejorar biológicamente las vitroplantas y llevar material de siembra protegido con biocontroladores, lo cual eliminaría la aplicación de nematicidas al momento de la siembra y reducir ciclos las aplicaciones posteriores. Estudios tendientes a conocer la eficiencia y durabilidad del biocontrol en condiciones de campo se están llevando a cabo en Costa Rica

En la actualidad, se discute sobre convertir el banano de un cultivo perenne en anual, bianual o trianual. El tiempo de permanencia no se conoce con certeza, sin embargo si se conoce que en plantaciones viejas los problemas con patógenos del suelo y foliares se incrementan con el tiempo. La experiencia comercial de siembras anuales con altas densidades en plátano ha demostrado que plantaciones jóvenes tienen menos problemas con patógenos, son altamente productivas y son económicamente rentables. La estrategia de manejo de nematodos planteada en esta presentación permite la ventaja de combinar la acción de un biocontrolador con un sistema de micropropagación o microcormos que permite proteger grandes volúmenes de plantas en corto tiempo, lo cual facilitaría la siembra o renovación de plantaciones anualmente. Por otra parte, esta tecnología permite hacer siembras escalonadas programadas y concentrar la producción en periodos de alto precio de la fruta.

²⁷Asistente INIBAP LAC y Profesor Investigador unidad de nematología y Salud de Suelo CATIE. lpoca@catie.ac.cr

²⁸Asistente INIBAP LAC y Profesor Investigador unidad de nematología y Salud de Suelo CATIE. lpoca@catie.ac.cr

²Estudiantes de Maestría CATIE

³Profesora Investigadora CATIE, Convenio Universidad Tolima, Colombia, asriveros@catie.ac.cr

⁴Coordinador Regional INIBAP, inibap@catie.ac.cr

⁵Profesor Universidad de Bonn, Alemania, rsikora@uni-bonn.de

INFLUENCIA DEL GRADO DE TECNIFICACION DE LAS FINCAS SOBRE LAS POBLACIONALES DE FITONEMATODOS EN PLATANO cv. BARRAGANETE, EN ECUADOR.

INFLUENCE OF THE TECHNOLOGICAL LEVEL ON THE POPULATION DENSITIES OF PLANT PARASITIC NEMATODES IN BARRAGANETE PLANTAIN, IN ECUADOR

Randy Rivera¹, Carmen Suárez², Danilo Vera¹, Carlos Belezaca¹ & Mike Ellis³

SUMMARY. In Ecuador, nematodes are a serious problem in plantain crop. No information about the influence of farm technification level and the season on the nematode population densities is known. The goal of this research was to generate information in this subject. A survey was carried out around 45 thousand ha around the main plantain growing area. It was determine that during dry season the population densities of plant parasitic nematodes is higher than rainy season. In technified farms, the population densities were higher than no technified farms.

INTRODUCCIÓN. En Ecuador, en estos últimos años, debido a la apertura de nuevos mercados, el cultivo del plátano cv. Barragante a adquirido mayor importancia, así muchos agricultores buscan obtener mayor productividad mediante la explotación intensiva de este cultivo, lo que a generado un mayor uso de agroquímicos, sin embargo, esto conlleva a alteraciones en las poblaciones de plagas, principalmente nematodos (2). El presente trabajo tiene como objetivo conocer la influencia del grado de tecnificación de plataneras sobre la población de los fitonematodos.

MATERIALES Y METODOS. Esta investigación se realizó en el Cantón El Carmen, principal zona platanera del Ecuador, cubriendo un área de más de 45000 has. de plátano cv. Barragente en monocultivo, donde fueron colectadas 800 muestras de raíces durante las épocas seca y lluviosa, provenientes de 40 fincas tecnificadas y 40 no tecnificadas. Para el proceso de las muestras fue utilizado el método de Taylos & Loegering (3).

Para obtener el grado de tecnificación se realizó encuestas, asignándose valores numéricos a las principales labores de manejo del cultivo que realiza el agricultor: Desinfección de semilla, control de malezas con químicos o medios mecánicos, control de picudo negro (*Cosmopolites sordidus*), control de nematodos, control de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) con químicos o deshoje fitosanitario y fertilización química u orgánica. Mediante el uso de una escala arbitraria basada en los valores numéricos se clasificaron en: Fincas tecnificadas > 14 puntos y fincas no tecnificadas, hasta 14 puntos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. La diversidad de los nematodos fitoparásitos no varió durante las dos épocas, pero sí hubo cambios en la fluctuación poblacional. Los géneros *Radopholus similis* y *Meloidogyne* spp., registraron poblaciones superiores en las fincas tecnificadas frente a las no tecnificadas (Cuadro 1), lo que sugiere un uso ineficiente de practicas culturales sobre los nematodos fitoparásitos, principalmente por el mal uso de pesticidas (subdosificaciones, frecuencias y épocas de aplicación, etc).

AGRIOS (1), menciona que en suelos menos influenciados por químicos, abundan microorganismos antagónicos que contribuyen a mantener bajo los niveles de nematodo fitoparásitos.

Cuadro 1. Promedio poblacional de nematodos / 100 g de raíces en 40 fincas tecnificadas y no tecnificadas. Época seca 2001 y lluviosa 2002.

Géneros	Época seca		Época lluviosa	
	Fincas Tec*.	Fincas no tec.	Fincas Tec.	Fincas no tec.
<i>R. similis</i>	3570	3569	2532	2267
<i>Meloidogyne</i>	2559	1685	2191	1473
<i>Helicotylenchus</i>	1920	2519	1040	1502

* Tec. = Tecnificadas

Cuando fueron evaluadas las dos épocas, las poblaciones de los tres géneros de nematodos mas importantes disminuyeron durante la época lluviosa, estos resultados fueron similares en fincas tecnificadas y no tecnificadas, el incremento de las poblaciones, durante la época seca se debe presumiblemente a mayor susceptibilidad que ofrecen las plantas debido a condiciones de estrés, originadas por falta de agua.

CONCLUSIONES. El nivel de tecnificación de las plataneras influye sobre la composición poblacional de los nematodos fitoparásitos. La población de nematodos fitoparásitos en plataneras de El Carmen, Provincia de Manabí fue afectada por la época lluviosa.

LITERATURA CITADA

1. Agrios, G. 2002. 4 ed. Academic Press Limited, United States of America. 635 p.
2. Orellana, J., Unda, J. & Analuisa, P. 2002. Quito, Ecuador. INIAP. Miscelánea No. 113.
3. Taylor, A. & Loegering, W. 1953. Turrialba, Costa Rica. Rev. Interamericana de Ciencias Agrícolas. 3(1-2): 8-13.

²⁹Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP. E-mail. randyriviera1@yahoo.com.

²Lider del Departamento Nacional de Protección Vegetal, INIAP./ E-mail. csuarez@tp.iniap-ecuador.gov.ec.

³Ohio Stated University.

EFFECTO DE NEMATICIDAS SOBRE LA POBLACIÓN DE *Radopholus similis* EN BANANO Y SU IMPACTO SOBRE OTRAS PLAGAS EN EL TRÓPICO SECO DE MÉXICO

EFFECT OF NEMATICIDES ON *Radopholus similis* POPULATION IN BANANA AND ITS IMPACT ON OTHER PESTS IN THE DRY TROPIC OF MEXICO

Fariás-Larios, J.¹ y Orozco-Santos, M.²

SUMMARY. Burrowing nematode (*Radopholus similis*) is a serious problem affecting banana crops in Mexico. We present information on the effect of different nematicides on nematode populations and its collateral impact on other banana pests in a dry tropic region. Soil application of nematicides reduced the population of *R. similis*, and increased the yield of banana Grand Nain. Nematicide applications did not alter the populations of mites (*Tetranychus* sp.), banana black aphid (*Pentalonia nigronervosa*) and thrips.

INTRODUCCIÓN: Los bananos son afectados por diversas plagas y enfermedades en la región tropical seca de México (Colima, Michoacán y Jalisco) (1,2). El nematodo *Radopholus similis* es un problema que requiere una estrategia de manejo (3). Otras plagas son: trips, pulgón negro (*Pentalonia nigronervosa*), ácaros (*Tetranychus* spp), entre otras. A partir de finales de los años 90, se han presentando problemas de ácaros en plantaciones de banano (1). En ataques severos llega a ocasionar graves pérdidas al cultivo. Los mayores daños de ácaros se presentan durante la época seca (Enero a Mayo). Existen diversos factores relacionados con la presencia de ácaros: condiciones de clima seco, estrés de las plantas, reservorios en huertos y condiciones polvosas (4). En esta región del trópico seco, la presencia de ácaros se ha asociado a condiciones de clima y de manejo de huertos (aplicación de nematicidas, fungicidas protectantes, no uso de aceite agrícola, riegos deficientes y manejo de malezas) (1). El presente trabajo presenta información del efecto de la aplicación al suelo con diferentes nematicidas sobre el control de *R. similis* y determinar su impacto colateral sobre ácaros, pulgón negro y trips.

Efecto de nematicidas sobre nematodos, pulgón negro y trips. Se evaluó el efecto de la aplicación de Fosthiazate, Fenamifos y Carbofurán a razón de 3 g i.a./unidad de producción (UP) (Cuadro 1). Todos los nematicidas redujeron las poblaciones de *R. similis* en comparación al testigo. Los mejores controles se lograron con la aplicación de Fosthiazate y Fenamifos. El Carbofurán registró un control medio. Las poblaciones de pulgón negro y trips evaluadas a los 45 y 90 días después de la aplicación de nematicidas no fueron alteradas, ya que se tuvo una población similar entre los nematicidas y el testigo.

Cuadro 1. Efecto de nematicidas sobre la población de *R. similis*, pulgón negro y trips en banano 'Enano gigante'.

Tratamiento	Nematodos/ 100 g de raíces ^z	Trips		Pulgones/ raquis ^w
		Flor ^y	Fruto ^x	
Fosthiazate	3,500 c	2.2 a	2.1 a	0.8 a
Fenamifos	2,800 c	1.9 a	2.5 a	1.5 a
Carbofurán	22,700 b	1.7 a	2.3 a	1.3 a
Testigo	29,500 a	2.1 a	2.4 a	1.0 a

^z = No. de nematodos a los 115 días de la aplicación; ^y = No. de trips/flor a los 45 días; ^x = Daño en fruto (escala de 0 a 10); ^w = Pulgones a los 90 días. Separación de medias según la prueba de Tukey.

Efecto de nematicidas sobre nematodos y rendimiento. Al momento de la cosecha, la aplicación de Fosthiazate, Fenamifos y Carbofurán (3 g i.a./unidad de producción) abatieron en un 82, 79 y 67% la población de *R. similis* en comparación al testigo (16,428 nematodos/100 g de raíces), respectivamente. Asimismo, todos

los nematicidas redujeron el número de plantas volcadas e incrementaron en un 30 a 52% el peso del racimo con relación al testigo (datos no presentados).

Efecto de nematicidas sobre nematodos y ácaros. La aplicación de los nematicidas Terbufos (3 g/UP), Cadusafo (4 g), Carbofurán (3 g) y Etoprofos (4 g) redujeron significativamente las poblaciones de *R. similis* en comparación al testigo (Cuadro 2). Cualquiera de los nematicidas tuvieron valores de 6,124 a 7,328 nematodos por 100 g de raíces, en cambio el testigo sin control presentó 34,443 nematodos. No se registró efecto sobre las poblaciones de ácaros con la aplicación de cualquiera de los nematicidas. La población de ácaros y el daño foliar fue similar entre los nematicidas probados y el testigo.

Cuadro 2. Efecto de nematicidas sobre la población de *R. similis* y poblaciones de ácaros (*Tetranychus* sp.) en banano.

Tratamiento ^z	Nematodos/ 100 g de raíces ^y	Ácaros ^x	
		No./3.1 cm ²	Area foliar dañada (%) ^w
Terbufos	6,350 a	0.01 a	0.3 a
Cadusafo	6,124 a	0.02 a	0.7 a
Carbofurán	7,328 a	0.02 a	0.1a
Etoprofos	6,527 a	0.03 a	0.2 a
Testigo	34,443 b	0.03 a	0.5 a

^z Aplicación el 20/Mar/03; ^y = No. de nematodos a los 60 días de la aplicación;

^x = Datos promedio de ocho muestreos semanales (20/Mar/03 al 9/May/03);

^w = Datos tomados en las hojas 6 y 9. Separación de medias según la prueba de Tukey.

Los resultados de este grupo de experimentos confirman el efecto biocida de las moléculas de nematicidas sobre el nematodo barrenador en el cultivo de banano (2). Todos los nematicidas redujeron las poblaciones de *R. similis*. Por otra parte, la aplicación de nematicidas no alteró las poblaciones de insectos plaga, como es el caso de los ácaros, pulgón negro y trips. Los ácaros en banano (*Tetranychus* sp.) requieren condiciones de clima seco. Algunas prácticas de manejo y condiciones del cultivo pueden influir en las epidemias de ácaros, tal es el caso de la aspersión de insecticidas de amplio espectro y estrés de las plantas por sequía (4). Otros factores deben ser considerados en la región tropical seca de México, como el uso continuo de fungicidas protectantes y la eliminación del aceite agrícola en los programas de control de sigatoka negra.

CONCLUSIONES: Todas las moléculas de nematicidas abatieron las poblaciones del nematodo *R. similis* en el cultivo de banano. En este estudio no se registraron evidencias de una relación entre la aplicación de nematicidas con el incremento de las poblaciones de ácaros. Asimismo, no se encontró asociación entre las poblaciones de trips y el pulgón negro con el uso de nematicidas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Fariás-Larios, J. Y Orozco-Santos, M. 2003. Memoria del XXIX Simp. Nal. de Parasitología Agrícola. Puerto Vallarta, Jalisco, México. P. 185.
2. Guzmán-González, S. et al., 1994. Nematropica 24:165-168.
3. Marin, et al., 1998. Plant Disease 82:964-974.
4. www.dpi.qld.gov.au/horticulture/5514.html.

¹ Universidad de Colima, FCBA. Tecomán, Colima, México

² INIFAP, Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México.

EFFECTO DE *Paecilomyces lilacinus* EN EL MANEJO INTEGRADO DE NEMATODOS PARÁSITOS EN PLÁTANO "DOMINICO HARTÓN" Musa AAB.

EFFECT OF *Paecilomyces lilacinus* IN THE INTEGRATED MANAGEMENT OF PARASITIC NEMATODES IN PLANTAIN "DOMINICO HARTÓN" Musa AAB.

Castrillón A. C.¹; M.J. Botero ²; J.E. Cardona; C.F. Urrea; L.E. Zuluaga; H. Morales³. G. Alzate⁴

SUMMARY. *P.lilacinus* Showed significant differences ($\alpha \leq 0,05$) compared with hending and cultural practices in the control of parasitic nematodes of the plantain crop "Dominico Hartón" Musa AAB in the reduction of population of: *Radopholus similis*, *Meloidogyne* spp. y *Helicotylenchus* sp., species, moreover increased the soil of microflora (fungus, bacterias and saprofitics nematodes) and the bunch weight, in the weight of the fingers and the salutary roots.

INTRODUCCIÓN. El cultivo de plátano en Colombia ocupa una extensión de 400.000 ha y es considerado alimento básico después de la papa y la leche. Su producción se estima en tres millones de toneladas al año, de las cuales 762.000 son producidas en la zona cafetera, con una generación de 286.000 empleos permanentes en el país. La producción se realiza en su mayoría por pequeños productores en predios menores de cinco ha, ubicados en las laderas de las montañas, con tecnologías deficientes por la presencia de plagas y enfermedades, entre las que se destacan los nematodos que ocasionan reducción en la calidad y rendimiento del cultivo, así como en la vida útil de las plantaciones por la pérdida de anclaje y el volcamiento cuando se presentan vientos fuertes. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de *P. lilacinus* como una de las estrategias dentro del manejo integrado de nematodos en plátano que permitan la sostenibilidad del cultivo, con prácticas amigables con el ambiente.

MATERIALES Y MÉTODOS. El experimento se realizó en un cultivo de plátano de tercer ciclo de cosecha, en mal estado de desarrollo. Se realizaron todas las labores culturales incluido el drenaje (testigo absoluto), adicionalmente por tratamiento se aplicó: Tratamiento 2. (2 kg de gallinaza/planta) al momento de aparición de la bellota dirigido al retorno. Tratamiento 3. *P. lilacinus* BIOSTAT^R (250 g del p.c./200 litros de agua), 140 cc/planta al momento de la aparición de la bellota y a cosecha dirigido al retorno. Tratamiento 4. El tercero complementarlo con *B. bassiana* BAUVERIL^R (100 g de p.c./60 litros de agua) 140 cc/planta alrededor del seudotallo y hasta 30 cm de altura del seudotallo.

El experimento se realizó durante tres ciclos de cosecha y las variables de evaluación fueron desarrollo, producción, microflora del suelo; hongos, bacterias y nematodos saprófitos y parásitos, severidad del daño y peso de raíces. Para ello cada mes se tomaron muestras de suelo a 30 cm de distancia del seudotallo del retorno hasta la aparición de la bellota para su procesamiento se utilizó la metodología estandarizada por (Castrillón et al, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. Los análisis estadísticos mostraron diferencias significativas ($\alpha \leq 0,05$) para todas las variedades; los géneros de nematodos parásitos fueron: *Helicotylenchus* sp. (43%), *Meloidogyne* spp. (37%) y *Radopholus similis* (19%) con poblaciones superiores en raíces que en suelo. *R. similis* redujo gradualmente su población inicial de 1.600 nematodos/100 g en raíz en el primer ciclo, hasta 100% después de las aplicaciones de *P. lilacinus* para el segundo ciclo de cosecha, efecto contrario se obtuvo con la aplicación de gallinaza, donde la población de esta especie para la mayoría de las

evaluaciones fue superior al testigo. El desarrollo de las plantas y la producción se incrementaron del primero al segundo ciclo de cosecha; la reducción de 350 mm en la precipitación entre el belloteo y cosecha del tercer ciclo redujo el peso del racimo con relación al segundo ciclo; sin embargo continuó siendo superior en los tratamientos con *P. lilacinus* y la calidad del dedo central de la segunda mano presentó un incremento paulatino de 380 g a 452 g con diferencias significativas $\alpha \leq 0,05$ con los demás tratamientos. La microflora del suelo en términos de géneros de hongos y bacterias fue de 15 con *P. lilacinus*, cuando se complementó con *B. Bassiana* fue de 14; con gallinaza 13 y el testigo 12; las unidades formadoras de colonias (U.F.C.) fueron 12×10^8 , 39×10^7 , 29×10^7 y 37×10^6 respectivamente.

CONCLUSIONES. El manejo integrado de nematodos parásitos en plátano con aplicaciones de *P.lilacinus*, fue superior a la aplicación de gallinaza; por reducir la población de *R. similis* en 100% después de la segunda aplicación, mejorar el peso del racimo y del dedo central de la segunda mano, e incrementar la microflora del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Castrillón A. C. 2003. XXXV Reunión Anual de los Nematólogos de los Trópicos Americanos ONTA. Guayaquil, Ecuador.
2. Castrillón A., C. ; M.J. Botero; C.F. Urrea; J.E. Cardona ;L.E. Zuluaga; G. Alzate. 2002. XV Reunión ACORBAT. Cartagena, Colombia

Tabla 1. Población de fitonematodos en plátano Musa AAB con *P. lilacinus* BIOSTAT^R dentro de un plan de manejo integrado*.

T/s	Géneros de nematodos** (miles)						Total	%
	H-r	H-s	M-r	M-s	R-r	R-s		
T1	7 A	1 A	8 A	1AB	3 A	0 A	20	24
T2	7 A	1A	6 A	0 A	9 A	0 A	23	28
T3	8 A	1 A	6 A	0 B	2 B	0 A	17	21
T4	9 A	1 A	9 A	1 B	2 B	0 A	22	27
Subtotal	31	4	29	2	16	0	82	
%	38	5	35	2	19	0		100

* Promedio de 10 evaluaciones, 10 plantas/evaluación.

** En 100 gramos de muestra (r: raíz, s: suelo). Datos originales por $\times 100$.

H. *Helicotylenchus*, M. *Meloidogyne*, R. *Radopholus*.

¹ Investigador Adjunto Corpoica. Manizales.

² Investigador Cooperante Corpoica. Manizales

³ Auxiliares de Investigación. Corpoica Manizales.

⁴ Ingeniero Agrónomo LAVERLAM

***Amauta cacica* (LEPIDOPTERA, CASTNIIDAE), NUEVA PLAGA DEL PLÁTANO EN LAS ESTRIBACIONES ANDINAS DEL NOROCCIDENTE ECUATORIANO**

***Amauta cacica* (LEPIDOPTERA, CASTNIIDAE), A NEW PEST IN PLANTAIN, IN THE ANDEAN NORTHWEST ECUADORIAN SLOPES**

Flowers, W.¹, Belezaca, C.², & Echeverría, F.³ y Williams, R.⁴.

SUMMARY. The plantain cv. Maqueño (*Musa AAB*) has importance for alimentation and the economy of the farmers from the Andean Northwest Ecuadorian slopes. Phytosanitary problems reduces its productivity. Nowadays, a new pest is causing losses in plantain farms, the goal of the research was to determine the taxonomic status of the insect and describe the damage and its incidence. The insect was identified as *Amauta cacica*. Its was recorded a higher incidence during dry season (13.6%) than the rainy season (3.17%).

INTRODUCCIÓN. El plátano CV. Maqueño (*Musa AAB*) tiene gran importancia en la alimentación y economía de los pobladores de la zona Noroccidental de Los Andes Ecuatorianos, ya que se adapta a las condiciones de estribación de cordillera. Sin embargo los problemas fitosanitarios reducen su productividad. Actualmente, una nueva plaga está causando graves perjuicios, principalmente en fincas dedicadas a la producción para el abastecimiento de mercados y autoconsumo. La presente investigación tuvo como objetivos: a) Identificar insecto plagao. b) Estimar tipo y porcentaje de daño.

MATERIALES Y METODOS. Se realizó recorrido en principales áreas plataneras de la zona noroccidental de los Andes ecuatorianos. Fueron colectados especímenes del insecto en tres estadios (larva, pupa y adulto). Larvas y pupas fueron enviadas al Allyn Museum de Sarasota (Florida), donde fueron mantenidas hasta su transformación al estadio adulto para identificación a nivel de especie. Adicionalmente, fueron establecidas tres parcelas de 200 m² en Hacienda Orongo, perteneciente a la Fundación Maquipucuna, con plátano cv. Maqueño, donde fue evaluado el tipo de daño y el porcentaje de plantas infestadas durante dos épocas: lluviosa y seca.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. Los especímenes capturados fueron identificados como *Amauta cacica* (Lepidoptera, Castniidae) por la Dra. Jacqueline Miller⁴. Las larvas jóvenes penetran en el pseudotallo del plátano entre 1 y 100 cm sobre el suelo, producen galerías con promedio de 1,18 m, observándose un fluido gelatinoso transparente o amarillo como consecuencia de las heridas. (Fig.1), esta sintomatología es similar a la provocada por *Castniomera humboltii*, plaga que ataca plantaciones de plátano en Colombia. (Londoño, 1991).



Fig 1. Larva de *A. cacica* en pseudotallo de plátano

Posteriormente la larva pierde movilidad y se recubre con materiales del pseudotallo para convertirse en pupa (Fig. 2). El adulto es una mariposa color café oscuro, con líneas de color blanco a lo largo de las alas (Fig.3).

Cuando la planta es atacada después de la parición, el racimo no obtiene buen desarrollo, perdiendo valor comercial. Si el ataque es antes de la diferenciación floral, la planta puede morir (Fig. 4). Además, se observó que *Heliconia griggsiana*, especie vegetal nativa de la zona del Noroccidente del país, también es atacada por este lepidóptero. En Costa Rica, *A. cacica* es también considerada plaga en *Heliconias* (Flowers, 2002. Comunicación personal).



Fig. 4. Planta de plátano atacada por *A. cacica*.

Fig. 5. *Heliconia griggsiana* atacada por *A. cacica*, presentando exudación.

Durante la estación seca, hubo mayor porcentaje de infestación de *A. cacica* (13.6%), que durante la época lluviosa (3,17%), la mayor incidencia en la época seca, se debe posiblemente a que hay condiciones favorables para el desarrollo de la plaga y a la vez mayor estrés para la planta (Cuadro 3).

Cuadro 3. Estimación del porcentaje de porcentajes de infestación de *A. cacica* en plátano en una finca tradicional durante dos épocas del año. Hda. Orongo, Noroccidente de Pichincha,

Nº de parcela	Porcentaje de infestación	
	Epoca Seca	Epoca Lluviosa
1	10,81	2,5
2	11,68	4,17
3	18,18	2,85

CONCLUSIONES. El Lepidóptero que ataca plátano en el Noroccidente de los Andes Ecuatorianos es *Amauta cacica*, y no *Castniomera humboltii* como se lo describió inicialmente, siendo un potencial problema en plátano ya que ocasiona pérdidas de unidades de producción.

LITERATURA

1. Londoño, M; Pulido, J; García, J; Polanía, I; León, G. 1991. In BELALCAZAR, S. El cultivo del plátano en el trópico. Cali, Colombia, ICA. p 301 – 313 (Manual N° 50).

AGRADECIMIENTOS. Este trabajo fue realizado como parte del Proyecto: Integrated Pest Management Collaborative Research Support Program (IPM/CRSP), financiado por la USAID (No. LAG-G-00-93-00053-00). Se agradece a la Fundación Maquipucuna por su apoyo en la ejecución de este trabajo.

¹ Florida A & M University. E-mail: rflowers7@earthlink.net

² Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Estación Experimental Tropical Pichilingue. e-mail: danilovera@yahoo.es

³ Fundación Maquipucuna. E-mail: fmecheverria@yahoo.com

⁴ Allyn Museum, Sarasota, Florida.

**DISTRIBUCIÓN DE LOS ESTADOS INMADUROS DE
ANTICHLORIS VIRIDIS DRUCE DENTRO DE LA PLANTA DE
PLÁTANOS (*MUSA AAB*, SUB – GRUPO PLÁTANO, CV.
HARTÓN) EN EL SUR DEL LAGO DE MARACAIBO,
VENEZUELA
INTRAPLANT DISTRIBUTION OF IMMATURE LIFESTAGES
OF *ANTICHLORIS VIRIDIS* DRUCE (LEPIDOPTERA:
ARCTIIDAE) ON PLANTAIN (*MUSA AAB*, SUB – GROUP
PLANTAIN, CV. HARTÓN) IN THE SOUTH OF LAKE
MARACAIBO, VENEZUELA**

Liscano, Ch. O¹. y Dominguez, G. O².

SUMMARY: The intraplant vertical distribution of the "Gusano Mota del Cambur" *Antichloris viridis* Druce, 1884, was determined at Francisco Javier Pulgar and Colón counties, Zulia state, Venezuela, in two commercial plantain plantations. According to the number of leaves and growth stage of the plant were determined the stages of development growth of the plants. Immature stages of the insect were most abundant on stages of growth four and five. Significantly higher defoliation was found in the presence of 5 or more larvae in the Providencia orchard. Regarding the distribution within plants of *A. viridis* stages, the largest number of immature stages was found on the middle stratum of the plant of growth stage four. These data suggest that monitoring for immature stages of *A. verities* could be best accomplished by examining the middle stratum of plants on growth stage four.

INTRODUCCION: En Venezuela, el platano (*Musa AAB*, cv. Harton) representa el 10% de la dieta diaria y la zona sur de la Cuenca del Lago de Maracaibo tienen unas 50,000 has cultivadas, siendo uno de los cultivos de mayor importancia frutícola del país. Después de la Sigatoka Negra, el problema fitosanitario más importante en el cultivo es la defoliación producida por diferentes especies de lepidópteros defoliadores, entre los cuales el Gusano Mota del Cambur, *Antichloris viridis* Druce, se señala como el más importante defoliador asociado a las plantaciones de platano de Venezuela y otros países, debido a su amplia distribución y alto número poblacional (1, 2). Debido a la importancia de este lepidóptero como defoliador, se determinó la distribución de estados inmaduros, huevos (h), larvas (l) y pupas (p), en las hojas dentro de las plantas y dentro de cada Grado de Desarrollo (GD), en dos fincas del Sur del Lago de Maracaibo, con la finalidad de encontrar un método de muestreo más eficiente y sencillo para lograr un efectivo monitoreo de las poblaciones de *A. viridis*.

MATERIALES Y METODOS: Las investigaciones se realizaron en las fincas El Manantial y La Providencia, municipios Francisco J. Pulgar y Colón, Edo. Zulia, Venezuela. Las plantas se seleccionaron al azar en líneas de 60 m de largo, y con separación entre líneas de muestreo de 10 m; tomando una planta al azar cada 10 m o punto de toma de muestras, con 15 líneas a muestrear, y 6 plantas por línea, con total de 90 plantas/fincas. Las plantas fueron clasificadas por GD, según la escala modificada (3) de Pinese y Piper (4). Se numeraron las hojas, siguiendo la filotaxia de la planta, comenzando por la hoja más joven hasta la más adulta, defoliando totalmente la planta, contando h, l, p, y se estimó el % defoliación (%def), por hoja de cada GD. Los datos se analizaron, a través, del paquete estadístico SAS. Se utilizaron pruebas no paramétricas con el estadístico χ^2 , a las tablas de distribución de frecuencia para las variables presencia del insecto por GD, %def por estrato dentro de la planta; aplicándose la prueba de Kruskal y Wallis para probar la hipótesis de igualdad entre las frecuencias promedio de las variables por efecto del GD.

RESULTADOS Y DISCUSION: En el cuadro 1, se observa que hubo diferencia significativa ($P<0,05$) en la frecuencia de la presencia de *A. viridis* (suma de h,l,p) entre los GD, obteniéndose la mayor presencia del insecto en el GD 4, en ambas fincas estudiadas.

La más alta frecuencia entre el %def y la presencia de los estados inmaduros de *A. viridis*, fue en el estrato medio de las plantas (hojas 4, 5, 6), tanto en la finca La Providencia como en El Manantial (cuadro 2); encontrando diferencias significativas ($P<0,05$), entre la frecuencia del %def $\geq 10\%$ y su distribución por estratos de *A. viridis*; indicando que hay mayor defoliación en el estrato medio, con valores de 44,99^a (La Providencia) y 51,55^a (El Manantial). Para la frecuencia entre el %def $\geq 10\%$ y la presencia del insecto, se observó la misma tendencia de preferir el estrato medio, con valores de 69,91^a (La Providencia) y 58,67^a (El Manantial).

Cuadro 1. Frecuencia de la presencia de *A. viridis* y su relación con el GD de las plantas de platano.

Frecuencia		Finca La Providencia						total
		GD1	GD2	GD3	GD4	GD5	GD6	
Presencia del Insecto	1-2	0	6	15	23	12	11	67
	2-3	0	7	18	19	13	10	67
	3-4	0	2	12	16	7	7	44
	4-5	0	1	10	14	10	4	39
	≥ 5	10	3	21	53	58	52	197
	total	10 ^c	19 ^c	76 ^b	125 ^a	100 ^a	84 ^b	414
Frecuencia		Finca El Manantial						total
Presencia del Insecto	1-2	5	10	19	59	26	27	146
	2-3	0	0	20	18	13	11	62
	3-4	0	2	7	10	2	11	32
	4-5	0	0	5	4	3	4	16
	≥ 5	0	1	7	9	3	5	25
	total	5 ^c	13 ^c	58 ^b	100 ^a	47 ^b	58 ^b	281

Letras diferentes en la misma fila indican independencia estadísticamente significativa ($P<0,05$).

Cuadro 2. Frecuencia entre el % def y la presencia de *A. viridis*, en relación a los estratos verticales de las plantas de platano.

Variable	La Providencia			El Manantial		
	Estrato superior	Estrato medio	Estrato inferior	Estrato superior	Estrato medio	Estrato inferior
%def<10%	63,48 ^a	28,40 ^b	8,12 ^c	65,72 ^a	25,82 ^b	9,45 ^c
%def $\geq 10\%$	25,77 ^c	44,99 ^a	29,22 ^b	24,62 ^b	51,55 ^a	23,82 ^b
Presencia Insecto	18,30 ^b	69,91 ^a	11,79 ^c	25,65 ^b	58,67 ^a	15,68 ^c

Letras diferentes en la misma fila indican independencia estadísticamente significativa ($P<0,05$).

CONCLUSION: La mayor presencia de los estados inmaduros de *A. viridis*, se encontraron en el GD 4, con diferencias significativas al comparar con el resto de los GD; y la mayor frecuencia de los valores de %def $\geq 10\%$ por estrato, se observó en el estrato medio (hojas 4, 5, 6) de los GD 4. Esto sugiere que se debe monitorear las hojas 4, 5 y 6, de las plantas GD 4, para obtener la mejor estimación de la población de *A. viridis*, y así, disponer de un método de monitoreo sencillo, rápido y económico, que nos sea útil para el estudio de la fluctuación poblacional del insecto, así como la relación entre su población y el % de defoliación por planta.

BIBLIOGRAFIA

1. Ramirez, R., Dominguez, O., Liscano, O., Vilchez, M. y Urdantea, R. 1999. Rev. Fac. Agron. (LUZ). Supl. 1: 88-94.
2. Ostmark, H. 1974. Ann. Rev. Entomol. 19: 161-176
3. Dominguez, O., Vilchez, M., Contreras, F. y Liscano, O. 1998. Memorias XIII Reunion ACORBAT, Ecuador, p. 451-457.
4. Pinese, B. y Piper, R. 1994. Publishing Services, Queensland Government, Australia. 68 p.

³⁰ Renwick Inc., MsC. Fruticultura. P.O. Box. Catano, P.R. 00963. E-mail: omar.liscano@renwickinc.com

² Universidad del Zulia, Fac. Agron., Unidad Técnica Fitosanitaria Ciudad Universitaria, Av. 16, Maracaibo, Zulia, Venezuela. PhD. Entomología. E-mail: odominguez@cantv.net

**PREFERENCIA DE *FRANKLINIELLA PARVULA*
(THYSANOPTERA:THRIPIDAE) POR ALOJARSE Y
OVIPOSITAR EN EL BANANO, ATRAÍDOS POR EL
ESPECTRO DE LOS COLORES DE CINTAS PARA
IDENTIFICACIÓN.**

**PREFERENCE OF *FRANKLINIELLA PARVULA* (HOOD)
(THYSANOPTERA:THRIPIDAE) FOR LODGING AND OVIPOST
ON BANANAS, ATTRATED BY THE COLOR SPECTER OF
THE IDENTIFYING RIBBONS.**

¹C.M. Uquillas, y P. Aguilar.

ABSTRACT

Colors radiate a light specter not visible to man, however it is visible to insects, this light specter is given on a scale measured in nanometers with refraction percentages from 1 to 100 %. In the trips case of *Frankliniella gender* (Thysanoptera: Aeolothripidae) work has been performed which concludes that blue color tones with a wave length of 440 nanometers have been more effective in traps which attract insects in flower cultivation. Something similar occurs with yellow insofar as attracting "the white fly" (Homoptera: Aleyrodidae), and with the color red in the case of *Anastrepha gender* (Diptero: Trypetidae).

Those colors most attractive to "banana trips" which arrive due to bud emanations become greater in number attracted by color spectrums: blue with 39%, black 37.5 % and white with 30%. The attraction exerted on female trips is 67% in relation to males..

RESUMEN

Los colores irradian un espectro de luz no visibles para el hombre pero sí para los insectos, la misma que está dada en una escala que se mide en nanómetros, con porcentajes de refractancia del 1 al 100%; en el caso de Trips del Género *Frankliniella* (Thysanoptera:Aeolothripidae) se han realizado trabajos donde concluyen que una tonalidad de color azul con una longitud de onda de 440 nanómetros ha sido más efectiva en trampas atrayentes en el cultivo de flores; caso similar sucede con el color amarillo con relación a atraer a la "mosca blanca"(Homoptera:Aleyrodidae), y con el color rojo para el caso del Género *Anastrepha* (Diptero:Trypetidae).

Los colores más atrayentes a los "Trips del banano" quienes llegan con la emisión de la bellota se ve incrementada su infestación atraídos por los espectros de los colores: azul con el 39%, negro con el 37.5% y el blanco con el 30%. La atracción de Trips hembras es del 67% con relación a los machos.

¹Corporación Bananera Noboa. PO Box 0901529, Guayaquil, Ecuador. Tel: (593) 4 2580930; Fax: (593) 4 2444093; E-mail: carlos_uquillas@bonita.com

CRÍA DE *Colaspis submetallica* Jacoby PLAGA DEL FRUTO DEL BANANO, EN CONDICIONES DE LABORATORIO.

REAR OF *Colaspis submetallica* Jacoby, BANANA FRUIT PEST, IN LABORATORY CONDITIONS

Robinson Arley Gaviria Pamplona¹ y Paola Andrea Rodríguez Gaviria²

SUMMARY. *Colaspis submetallica* is the most important pest of banana fruit in Urabá, Colombia. The biology of this pest is little known. Adult insects in laboratory conditions were obtained with a weed-based natural diet. The duration of each stage was: egg 6-7, larva 75-79 and pupa 9-10 days.

INTRODUCCIÓN. El mercado mundial del banano es altamente exigente en la calidad de los frutos dirigidos a la exportación. Quizás las pérdidas más altas están relacionadas con insectos que afectan la presentación del fruto, impidiendo que éste pueda ser exportado (Ostmark, 1974).

En Colombia, *Colaspis submetallica* es la plaga del fruto de mayor importancia económica en la zona bananera de Urabá, debido a los altos porcentajes que representa en la merma total de la fruta procesada en fincas con alta incidencia. El daño consiste en roeduras que realiza el adulto sobre la corteza de los frutos entre 8 y 21 días de formación (Unibán, 1998), dejando una cicatriz irregular y profunda con halo acuoso que ocasiona el descarte de los dedos.

La importancia de esta plaga y la poca información sobre su biología, condujo a plantear esta investigación, en la que se quiso realizar aportes sobre la biología, ecología y comportamiento de este insecto en la zona bananera de Urabá.

MATERIALES Y MÉTODOS. El trabajo se desarrolló en fincas con alta incidencia de *Colaspis submetallica*. Se capturaron adultos haciendo uso de dos sistemas: "succionadores" en el caso de las plantas no paridas, y mallas de tul en el caso de bacotas recién emergidas y aún sin embolsar. Los insectos colectados fueron llevados al laboratorio de Cenibanano, donde se mantuvieron bajo condiciones de luz natural y una temperatura que fluctuó entre 25 y 27 °C.

Los adultos se sexaron y se confinaron en cámaras de cría, dejando dos parejas en cada una, allí se les proporcionó inicialmente una dieta artificial que había sido empleada por Manley (1985) para la cría de *Colaspis ostmarki*, sin embargo, no se pudo cumplir el objetivo de mantener los individuos vivos por varias semanas y obtener oviposiciones. Se usó entonces una dieta natural basada en cogollos (hojas sin desplegarse), brácteas, flores y frutos tiernos de banano. Con frecuencia se observaron adultos en cópula y posteriormente las oviposiciones. Los huevos obtenidos se mantuvieron en un lugar oscuro dentro de cajas de Petri con papel continuamente humedecido, así se pudieron obtener seguidamente las larvas.

Las larvas recién emergidas fueron trasladadas a cajas de cría con suelo procedente de las fincas de alta incidencia de la plaga. Allí se les dispuso una dieta compuesta por *Cissus verticillata*, *Paspalum conjugatum* y *Phaseolus vulgaris*, sembradas en las cajas, además de raíces de *C. verticillata* maceradas e incorporadas en el suelo. Las cajas se dejaron en condiciones de luz natural, con una temperatura ambiente de 25 a 27°C, y temperatura del suelo oscilante entre 24 y 30 °C.

Las pupas resultantes fueron extraídas de cada cámara y dejadas sobre recipientes con suelo estéril ligeramente humedecido, en él se mantuvieron hasta llegar al estado de adulto. A los adultos recién emergidos se les suministró la dieta compuesta por cogollos, brácteas, flores y frutos tiernos de banano.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. Los huevos fueron encontrados sobre las porciones de hojas o flores de banano suministradas como alimento, no se hizo necesario disponer de suelo para que se presentaran oviposiciones. Éstas consistieron en masas de entre 12 y 137 huevos, 68 en promedio. Los huevos de color amarillo claro y forma elipsoidal, midieron 0.6 a 0.75 mm de largo y 0.3 a 0.35 mm de diámetro. La duración en esta fase estuvo entre seis y siete días

La supervivencia de la larva ha representado la mayor dificultad para completar el ciclo de vida de *Colaspis*. Según Cubillos *et al* (2001) el estado de larva tiene una duración de entre 20 y 22 días, pero en esta investigación se han tenido larvas que tardaron hasta 82 días para alcanzar el estado de pupa. La explicación puede deberse a la dificultad de reproducir las condiciones que encuentra la larva en el campo, especialmente en cuanto a propiedades físicas del suelo, como estructura, humedad y temperatura, condiciones que deben ser propicias tanto para el desarrollo del insecto como el de las plantas dispuestas como alimento.

Las larvas se caracterizan por presentar un color blanco cremoso, cápsula cefálica color ámbar y mandíbulas café, con numerosas setas a lo largo de todo el cuerpo, alcanzando 7,5 mm de longitud y 2 mm de diámetro antes de empupar.

Las pupas obtenidas tuvieron una duración de ocho a nueve días antes de pasar al estado adulto. Son pupas exaratas de color blanco cremoso, más oscuras hasta adquirir color café pocas horas antes del cambio de estado. Los adultos son de color café oscuro con visos metálicos y miden alrededor de siete milímetros.

Los individuos obtenidos cumplieron el ciclo desde huevo hasta adulto en un periodo de entre 90 y 95 días en las condiciones de la zona de Urabá, Colombia.



Adulto de *Colaspis submetallica*.

CONCLUSIÓN. Se logró completar el ciclo de vida de *Colaspis submetallica* en condiciones controladas con la alimentación continua en plantas de *Cissus verticillata*, *Paspalum conjugatum* y *Phaseolus vulgaris*, algo que no fue posible empleando cada una de estas especies vegetales por separado, ni tampoco empleando la dieta artificial propuesta por Manley (1985). Esta investigación es un punto de partida para futuros trabajos en los que se pretendan realizar estudios para el control de esta plaga.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Manley, G. V. 1985. Turrialba, V. 35 (4), p. 433-435.
2. Ostmark, H. E. 1974. Economic insect pest of bananas. Division of Tropical Research United Brands Company. La Lima Honduras. p. 165-169.
3. Unibán. 1998. Guía práctica para el cultivo del banano en Urabá. Artes gráficas. Medellín Colombia. 45 p.

³¹Estudiante Ingeniería Agronómica. Tesista CENIBANANO. Email: ragaviri@hotmail.com

² Ing. Agrónoma. Inv. Fitosanidad. CENIBANANO. Email: prodriguez@augura.com.co

COMBATE DE MALEZAS POACEAS EN EL CULTIVO DEL BANANO (*Musa AAA*) EN LA ZONA ATLÁNTICA DE COSTA RICA

Rodríguez A. M.¹; R. Agüero.²; M. González.³

SUMMARY. Six treatments for the management grass weeds were evaluated: T1: control, T2: physical control, T3: glyphosate, T4: paraquat, T5: glufosinate and T6: mixed control. Weed counts were made every two months in two habitats (between crop rows, surrounding banana plants). T3 and T5 showed the best control in both habitats, T6 in the second habitat.

INTRODUCCION. El uso de productos químicos para el manejo de las poblaciones de malezas debe estar orientado a reducir las infestaciones de las mismas hasta un nivel que no cause daños económicos y no pretender su erradicación total (Acosta y Agüero, 2002). La flora poácea representa a las principales malezas asociadas al cultivo del banano y su control es esencial para mantener la calidad y los rendimientos del cultivo (Acosta y Agüero, 2002). El objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes estrategias de manejo de malezas poáceas presentes en el cultivo de banano.

MATERIALES Y MÉTODOS. El presente estudio se realizó durante tres años en una finca bananera, en Limón, C. R. Se evaluaron seis tratamientos: T1= testigo, T2= control con chapeas mensuales (primer año) posteriormente cada dos meses, T3= control con glifosato cada dos meses, T4 = control con paraquat mensualmente (primer año) después cada dos meses, T5= control con glufosinato cada dos meses y T6= control mixto con chapea, glifosato o glufosinato.

Los recuentos del número de poáceas se realizaron cada dos meses antes de cada una de las aplicaciones en puntos fijos definidos con anterioridad al azar en cada hábitat (tres entre hileras y tres en las rodajas). En los resultados se presentan nueve evaluaciones (alternadas) del total de 16 realizadas.

RESULTADOS Y DISCUSION. No se observaron diferencias en las dos primeras evaluaciones para el hábitat entre hileras; en las siguientes tres evaluaciones los mejores tratamientos en el control de poáceas fueron las aplicaciones con glifosato, paraquat y/o glufosinato. En las cuatro últimas, a excepción de la octava evaluación el mejor tratamiento lo presento la aplicación con glifosato, siendo similar en la séptima al tratamiento mixto (cuadro 1).

En las rodajas, el glifosato presentó la menor cantidad de poáceas, seguido por el glufosinato y el mixto en la mayoría de las evaluaciones; en las dos últimas la menor cantidad de poáceas se encontró con el tratamiento de glufosinato (cuadro 2). Cabe señalar, que inicialmente en el hábitat de la rodaja no se partió de poblaciones similares de malezas en los diferentes tratamientos (cuadro 2).

CONCLUSIONES. Tanto en las entre líneas como en la rodaja los tratamientos químicos fueron superiores a los otros en el control de poáceas, especialmente el tratamiento con glifosato seguido por el glufosinato.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Acosta, L.; Agüero, R. 2002. En: XV Reunión ACORBAT. Cartagena, Colombia. Memorias ACORBAT. p 331-335.

2. Acosta, L.; Agüero, R. 2002. Agronomía Mesoamericana. 13(2): 119-124.

Cuadro 1: Número de malezas poaceas/m², en entre hileras bajo diferentes sistemas de manejo de malezas en el cultivo de banano. Limón, Costa Rica (2003).

TRA	EVALUACIONES/CADA CUATRO MESES								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T1	4.1 a*	3.6 a	4.1 a	3.4 a	3.6 ab	4.4 ab	3.0 ab	2.1 a	2.6 ab
T2	3.9 a	2.2 a	3.5 ab	3.4 ab	3.9 a	4.6 a	3.6 a	3.1 a	3.7 a
T3	4.2 a	1.8 a	1.3 c	1.2 b	1.7 c	1.5 c	1.5 c	1.9 a	1.4 c
T4	2.7 a	1.8 a	1.6 c	1.4 b	2.0 bc	3.1 bc	2.5 abc	2.6 a	1.6 bc
T5	4.2 a	2.7 a	2.1 bc	1.4 b	1.9 c	2.4 bc	2.3 bc	1.6 a	1.8 bc
T6	3.7 a	3.9 a	2.7 abc	2.7 ab	3.3 ab	4.3 ab	1.7 c	1.7 a	1.9 bc

*Datos con una misma letra dentro de cada columna son iguales significativamente según la prueba de DMS protegida por Fisher ($p \leq 0.05$).

Cuadro 2: Número de malezas poaceas/m², en la rodaja bajo diferentes sistemas de manejo en el cultivo de banano. Limón, Costa Rica (2003).

TRA	EVALUACIONES/CADA CUATRO MESES								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T1	23.6 a	25.1 ab	7.5 bc	8.9 a	5.0 ab	5.1 ab	2.9 bc	3.0 ab	2.6 bc
T2	27.7a	22.9 ab	19.0 a	11.6a	5.3 a	4.9 ab	4.4 a	3.5 a	3.6 a
T3	1.7 c	3.1 c	2.7 c	2.2 a	1.6 e	2.0 b	1.9 c	1.6 bc	2.0 cd
T4	13.5 b	27.7 a	12.1 ab	2.2 a	3.8 bc	5.4 a	3.5 ab	1.7 bc	1.7 d
T5	5.8 c	10.6 bc	6.5 bc	0.5 a	2.5 de	3.1 b	2.5 bc	1.2 c	1.5 d
T6	7.7 bc	7.0 c	2.6 c	6.5 a	2.9 cd	2.8 b	1.9 c	2.5 abc	2.7 b

*Datos con una misma letra dentro de cada columna son iguales significativamente según la prueba de DMS protegida por Fisher ($p \leq 0.05$).

¹ Coord. de Laboratorio, Fac. Ciencias Agroalimentarias, U.C.R., San José, Costa Rica.

² Coord. de Proyectos, Fac. Ciencias Agroalimentarias, U.C.R., San José, Costa Rica.

³ Jefe de Dpto. de Agrofisiología, CORBANA, La Rita, Pococí, Costa Rica.

MANEJO RACIONAL DE MALEZAS DE HOJA ANCHA ASOCIADAS AL CULTIVO DEL BANANO (*Musa AAA*).

Rodríguez A.M.¹; R. Agüero.²; M. González.³

SUMMARY. Six treatments to management broadleaf weeds were evaluated: T1= control, T2= physical control, T3= glyphosate, T4= paraquat, T5= glufosinate and T6= mixed control. Weed counts were made every two months in two habitats. Differences among treatments were found at 120 days (both habitats) and between crop rows at 600 and 840 days.

INTRODUCCIÓN. En el cultivo de banano en Costa Rica, se realizan para el control de malezas aplicaciones recurrentes con herbicidas como glifosato, paraquat y glufosinato y controles físicos como la chapea (Acosta y Agüero, 2002). La aplicación de herbicidas en banano debe racionalizarse, para lograr un manejo adecuado en la relación cultivo maleza (Soto, 1992). El objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes métodos de manejo de las malezas de hoja ancha asociadas al cultivo banano.

MATERIALES Y MÉTODOS. Este trabajo se realizó durante tres años en una plantación bananera donde se evaluaron seis tratamientos: T1= testigo, T2= control con chapeas mensuales (durante primer año) después cada dos meses, T3= control con glifosato cada dos meses, T4 = control con paraquat mensualmente (durante primer año) después cada dos meses; T5= control con glufosinato cada dos meses y T6= control mixto con chapea, glifosato o glufosinato.

Los recuentos del número de individuos de hoja ancha se realizaron cada dos meses, antes de cada una de las aplicaciones, en puntos fijos definidos previamente al azar en cada hábitat (tres en las rodajas y tres en las entre hileras). En los resultados se presentan 9 evaluaciones (alternadas) del total de 16 realizadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. En la primera evaluación entre hileras antes del inicio de las aplicaciones no se observaron diferencias entre tratamientos lo que indica que se partió de condiciones similares entre ellos; a los 120 días todos los tratamientos fueron similares entre sí excepto el testigo que presentó mayor cantidad de malezas. A los 360 y 480 días no se observaron diferencias entre tratamientos. A los 600 días el T3 presentó el mayor control de malezas, la chapea el menor y los otros tratamientos fueron intermedios (cuadro 1). A los 720 y 840 días todos los tratamientos fueron similares entre sí excepto el T4, que presentó mayor cantidad de malezas (cuadro 1).

Al igual que entre hileras, en el primer levantamiento en las rodajas no se observaron diferencias entre tratamientos, este comportamiento se mantiene a través de todas las evaluaciones excepto a los 120 días donde el testigo presentó el mayor número de malezas con respecto a todos los otros tratamientos (cuadro 2).

CONCLUSIONES. Los resultados sugieren que cualquiera de los tratamientos evaluados muestran un control similar de malezas de hoja ancha, lo cual indica que el costo de la práctica es determinante para seleccionar el método a utilizar.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Acosta, L.; Agüero, R. 2002. Agronomía Mesoamericana. 13(2): 119-124.
2. Soto, M. 1992. 2da. Ed. San José, Costa Rica, Imprenta LIL, S.A., 649 p.

Cuadro 1. Número de malezas de hoja ancha/m², en las entre hileras del cultivo bajo diferentes sistemas de manejo. Limón, Costa Rica (2003). Datos transformados por $\sqrt{x+0.5}$.

TRAT	EVALUACIONES/CADA CUATRO MESES								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T 1	1.2 a*	4.2 a	1.4 a	1.3 a	1.4 a	2.0 bc	1.1 b	1.0 b	1.0 a
T 2	1.5 a	2.2 b	1.3 a	1.3 a	1.3 a	3.4 a	1.0 b	0.8 b	1.0 a
T 3	1.4 a	2.2 b	1.1 a	1.0 a	0.9 a	1.4 c	0.7 b	0.8 b	0.7 a
T 4	1.7 a	1.5 b	1.2 a	1.4 a	1.5 a	2.7 abc	2.0 a	1.4 a	0.7 a
T 5	1.8 a	2.2 b	1.5 a	1.9 a	1.5 a	2.9 ab	1.0 b	0.8 b	0.7 a
T 6	1.0 a	1.6 b	1.1 a	1.1 a	1.0 a	1.7 bc	1.0 b	0.8 b	0.9 a

* Datos con una misma letra dentro de cada columna son iguales significativamente según la prueba de DMS protegida por Fisher ($p \leq 0.05$).

Cuadro 2. Número de malezas de hoja ancha/m² en la rodaja del cultivo, bajo diferentes sistemas de manejo. Limón, Costa Rica (2003). Datos transformados por $\sqrt{x+0.5}$.

TR T	EVALUACIONES/CADA CUATRO MESES								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T1	1.17 a*	2.9 a	1.72 a	2.32 a	2.3 a	3.89 a	1.86 a	1.82 a	2.06 a
T2	0.96 a	1.71 b	1.16 a	1.12 a	1.08 a	3.25 a	0.71 a	0.71 a	0.98 a
T3	1.1 a	1.06 b	0.86 a	1.0 a	1.1 a	1.23 a	0.88 a	0.71 a	0.71 a
T4	1.18 a	0.79 b	1.34 a	1.88 a	1.44 a	2.13 a	1.05 a	0.81 a	0.71 a
T5	1.04 a	1.28 b	1.04 a	1.98 a	1.12 a	2.67 a	1.01 a	0.71 a	0.71 a
T6	1.17 a	1.37 b	1.31 a	1.45 a	1.99 a	2.48 a	0.88 a	1.33 a	1.33 a

* Datos con una misma letra dentro de cada columna son iguales significativamente según la prueba de DMS protegida por ($p \leq 0.05$).

¹ Coord. de Laboratorio, Fac. Ciencias Agroalimentarias, U.C.R., San José, Costa Rica.

² Coord. de Proyectos, Fac. Ciencias Agroalimentarias, U.C.R., San José, Costa Rica.

³ Jefe de Dpto. Agrofisiología, CORBANA, La Rita, Pococí, Costa Rica.

TOXICIDAD POTENCIAL AL BANANO (*Musa AAA*) DE HERBICIDAS POSTEMERGENTES APLICADOS SOBRE CORTES DE DESHIJA

Rodríguez A. M.¹; R. Agüero², M. González³

SUMMARY. The potential effect of herbicide treatment soon after cutting banana suckers (deshija) was studied. Glyphosate or glufosinate were applied after cutting the suckers. Total number of re-sprouts as well as their growth were measured.

INTRODUCCIÓN. El control de malezas en el cultivo de banano en Costa Rica, se realiza con aplicaciones de herbicidas como glifosato, glufosinato y con chapia (Acosta y Agüero, 2002). El glifosato se absorbe vía foliar, se transloca por el floema e inhibe la fotosíntesis; el glufosinato es un producto de contacto, actúa sobre tejido verde (Picado *et al.*, 1998). Westwood *et al.* (1997), consideran que las barreras cuticulares pueden afectar la entrada, la translocación y la eficacia del glifosato. Para no dañar el cultivo, debe evitarse el contacto del glifosato con las hojas fotosintéticamente activas (Agüero *et al.*, 1998). La deshija es una práctica que se realiza en banano para dejar solo hijos con el mejor potencial. El fin de este estudio fue evaluar el tiempo que debe transcurrir entre la deshija y la aplicación de herbicidas sin que se produzcan daños en el cultivo, por ingreso de éstos a través de esos cortes

MATERIALES Y MÉTODOS: Este estudio se realizó en una finca bananera, los tratamientos fueron los siguientes: T1, T2 y T3 aspersión con glifosato a las 0, 1 y 24 horas respectivamente después de deshijar; T4, T5 y T6 aspersión con glufosinato a las 0, 1 y 24 horas respectivamente después de deshijar; T7 testigo (deshijado sin aplicación), se marcaron 20 plantas por tratamiento, tomando cada planta como una repetición.

Las deshijas y aplicaciones se hicieron cada dos meses, antes de realizarlas se evaluó cantidad y tamaño de rebrotes (menores de 5.0, entre 5.0-15.0 y mayores de 15 cm), altura y circunferencia de los hijos de sucesión, y número de hojas de estos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. El tratamiento de aplicación de glufosinato a las 0 horas después de la deshija fue el que presentó mayor número de hijos en la segunda evaluación, en la tercera fueron los tratamientos con glifosato a las 24 horas y el testigo, en la quinta fueron el glifosato y el glufosinato a las 24 horas; en las otras evaluaciones no hubo diferencias (cuadro 1).

No se encontraron efectos de los tratamientos sobre la altura de los hijos de sucesión (cuadro 2); tampoco en las otras variables de crecimiento evaluadas (datos no presentados aquí). Resultados similares fueron obtenidos por Agüero (1998) en aplicaciones directas de glifosato sobre hijos de sucesión, todavía no activos fotosintéticamente.

CONCLUSIONES. El tiempo transcurrido entre la deshija y la aplicación de herbicidas postemergentes retrasar la cantidad de rebrotes pero deben realizarse nuevas valoraciones, pues hasta ahora no hay evidencia de que se afecte el hijo de sucesión.

BIBLIOGRAFIA

- Acosta, L.; Agüero, R. 2002. Memorias XV Reunión ACORBAT. Cartagena, Colombia, p. 331-335.
- Agüero, R.; Pérez, L. 1998. Memorias XIII Reunión ACORBAT. Guayaquil, Ecuador, p. 293-305.
- Picado, J.; Ramírez, F. 1998. Ed. EDISA. San José, Costa Rica; p. 111.

4. Weestwood, J.H.; Yerkes, C.N. and Weller, S.C. 1997. Weed Sci. 45:658-663.

Cuadro 1: Efecto de la aplicación de herbicidas sobre el número total de hijos o rebrotes. Limón, Costa Rica (2002).

TR AT	EVALUACIONES / CADA DOS MESES					
	1	2	3	4	5	6
T1	7.9 0 a*	8.2 5 a	6.8 0 a	9.9 0 a	5.5 0 a	7.1 5 a
T2	8.0 5 a	7.5 5 a	8.1 5 ab	9.5 5 a	5.5 0 a	7.2 6 a
T3	8.2 0 a	8.4 5 a	10. 55 c	9.3 0 a	9.0 5 b	7.8 0 a
T4	8.9 0 a	19. 40 b	7.1 5 a	9.1 5 a	5.6 3 a	7.4 0 a
T5	8.6 5 a	9.2 0 a	7.1 0 a	10. 15a	6.1 0 a	8.0 0 a
T6	8.2 0 a	8.6 5 a	9.3 0 bc	11. 20a	9.1 5 b	7.4 5 a
T7	7.7 0 a	7.6 0 a	104 5 c	9.2 5 a	6.3 1 a	5.1 5 a

*Datos con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales según prueba de DMS protegida por Fisher ($p \leq 0.05$).

¹ Coord. de Laboratorio, Fac. Ciencias Agroalimentarias, U.C.R., San José, Costa Rica.

² Coord. de Proyectos, Fac. Ciencias Agroalimentarias, U.C.R., San José, Costa Rica.

³Jefe de Depto Agrofisiología, CORBANA, La Rita, Pococí, Costa Rica.

Cuadro 2: Efecto de las aplicaciones de herbicidas en cortes de deshija sobre la altura del hijo de sucesión. Limón, Costa Rica (2002).

TR AT	EVALUACIONES/CADA DOS MESES					
	1	2	3	4	5*	6
					*	
T1	27. 25 a*	32. 09 a	40. 50 a	43. 09 a	53. 50 a	21 3.1 a
T2	23. 15 a	35. 67 a	38. 89 a	44. 44 a	54. 79 a	65. 94 a
T3	44. 17 a	44. 00 a	53. 38 a	60. 00 a	69. 75 a	16 2.2 a
T4	31. 38 a	38. 25 a	48. 00 a	55. 67 a	60. 08 a	70. 73 a
T5	15. 50 a	29. 60 a	31. 86 a	38. 86 a	36. 83 a	53. 65 a
T6	28. 20 a	36. 06 a	40. 06 a	46. 50 a	-	76. 37 a
T7	30. 50 a	35. 30 a	41. 33 a	47. 67 a	-	88. 38 a

*Datos con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales según prueba de DMS protegida por Fisher ($p \leq 0.05$).

**Solo se evaluaron los tratamientos indicados.



GENÉTICA Y EVALUACIÓN DE GENOTIPOS
GENETICS AND EVALUATION OF GENOTYPES

**CONSTRUCCION Y CARACTERIZACION DE LA
PRIMERA BIBLIOTECA GENOMICA BAC BINARIA DE *Musa
acuminata* TUU GIA**

**CONSTRUCTION AND CHARACTERIZATION OF THE
FIRST BINARY BAC GENOMIC LIBRARY FROM *Musa
acuminata* TUU GIA**

Ortiz Vázquez Elizabeth¹, Kaemmer Dieter, Rodríguez Mendiola Martha², Arias Castro Carlos² y James Kay Andrew³

SUMMARY. A BIBAC genomic library from *Musa acuminata* Tuu Gia library was established from one ligation having a 4:1 vector:insert ratio, consisting of 30,920 clones with a mean insert size of 100 kb representing five times the haploid genome. The low content of chloroplastic and mitochondrial DNA indicates a good quality library.

INTRODUCCION. La producción sustentable del cultivo del plátano, se ha visto amenazada por el alto costo del control de enfermedades, sobre todo por la inversión que se realiza por el uso de fungicidas para el control de la enfermedad causada por *Mycosphaerella fijiensis*, llamada Sigatoka negra. En México la producción de plátano y banano ha disminuido un 15% como consecuencia del incremento de la enfermedad y de los costos de producción debido a las aplicaciones intensivas de fungicidas. (1) Como se ha mencionado anteriormente, una alternativa para tratar de resolver esta situación es la transformación genética de banano utilizando genes de resistencia específicos, los cuales se han identificado en grupos con fragmentos de ADN de más de 100kb (2). Los vectores tipo Cromosoma Bacteriano Artificial binario (BIBAC) (3), pueden llevar insertos de ADN de más de 100 kb y además pueden ser transferidos directamente a la planta a través de la transformación mediada por *A. tumefaciens*. El objetivo de este trabajo es construir una biblioteca genómica del *M. acuminata* Tuu Gia una variedad altamente resistente a Sigatoka negra.

MATERIALES Y METODOS. El vector BIBAC pCLD4541 se purificó mediante 2 ciclos ultracentrifugación con gradientes de cloruro de Cesio y posteriormente fue cortado y desfosforilado. Para la preparación de ADN de alto peso molecular (APM) se utilizaron hojas jóvenes de plantas *ex vitro* de *M. acuminata* Tuu Gia y se siguió el protocolo reportado por Zhang (4) añadiendo PVP al 2% durante la extracción de ADN. El ADN genómico APM se digirió parcialmente con *Hind* III y se usaron uno o 2 ciclos de selección mediante electroforesis de campo pulsante para obtener fragmentos de 100kb aprox. Estos fragmentos de ADN fueron ligados al vector con T4 ligasa utilizando varias relaciones vector:inserto. Con esta ligación se electroporaron células de *E. coli* DH10B y se plaquearon en medio de selección. A las colonias positivas (blancas) se les realizó miniprep y se les determinó tamaño de inserto. Para la determinación de ADN cloroplástico y mitocondrial se utilizaron como sondas genes específicos (cloroplásticos: *adhA*, *rbcl* y *psbA* y mitocondriales: *nad4*, *atp6* y *atp9*) marcados con ³⁵S-dATP e hibridados en membranas Hybond N+ de alta densidad 3 X 3 donde se encuentra impresa la biblioteca genómica.

RESULTADOS Y DISCUSION. La biblioteca se estableció a partir de una ligación 4:1 vector:inserto y consiste en 30,920 clonas almacenadas en 80 microplacas con 384 pozos cada una.

El tamaño de inserto promedio de 101.5 Kb con una desviación estándar de 7 Kb, fue determinado con 120 clonas tomadas al azar, los tamaños de inserto más frecuentes fueron de 101 a 120

Kb (fig. 1), no se encontraron clonas sin inserto y un 57 % de las clonas analizadas presentó insertos con sitios *NotI* internos. Como ha sido observado por otros investigadores la preparación del vector y del ADN de APM son muy importantes para la construcción de la Biblioteca genómica (5). Los resultados obtenidos de la representación de ADN organelar fueron: 1% para ADN cloroplástico (fig.2) y 0.9% ADN mitocondrial y son comparables con los obtenidos por otros autores (5).

Fig.1. Distribución de tamaño de inserto de 120 clonas tomadas al azar de la biblioteca de *M. acuminata* Tuu Gia.

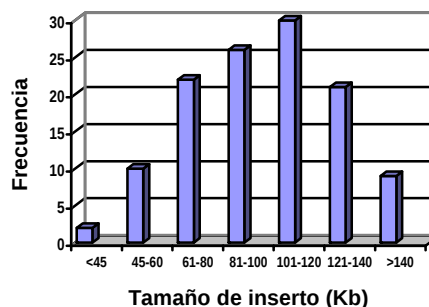
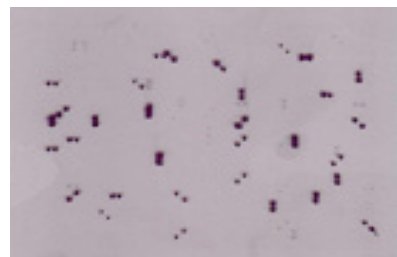


Fig.2. Membranas de Hybond N+ con la biblioteca genómica de *M. acuminata* Tuu Gia impresa, hibridadas con sondas de cloroplastos (*adhA*, *rbcl* y *psbA*). (31 positivas en un total de 3072 clonas)



CONCLUSIONES. Se tiene una biblioteca genómica 5X (5 veces el genoma haploide de banano), lo que significa un 99.4% de probabilidad de encontrar cualquier gen y se considera de buena calidad debido a su bajo contenido de ADN organelar (5). Esta biblioteca puede ser usada para buscar genes de interés, resistencia o defensa a enfermedades, cuyo tamaño promedio de inserto de 100 kb, nos indica que podrían ser transferidas familias de genes completas hacia el genoma de una planta en un solo paso de transformación.

BIBLIOGRAFIA

1. Orozco-Santos, M., Farías-Larios, J., Manzo-Sánchez, G. and Guzmán- González, S. 1998. Infomusa, Vol 10, No. 1.
2. Hulbert, S., Webb, C.A., Smith, S. and Sun, Q. 2001. Annu. Rev. Phytopathol. 39: 385-312.
3. Hamilton, C. M., Frary, A., Lewis, C., and Tanksley, S.D. 1996. Natl. Acad. Sci. USA 93: 9975-9979.
4. Zhang H.B., Zhao, X., Ding, X., Paterson, A.H. Wing, R.A. 1995. Preparation of megabase-size DNA from plant nuclei. Plant J. 7:175-184.
5. Villarinhos, A.D., Pifanelli, P., Lagoda, P., Thibivilliers, S., Sabau, X., Carrel, F. Hont, A. 2003. Theor. Appl. Genet. 106:1102-1106.

¹Centro de Investigación de Graduados Agropecuarios, ITA No. 26, I. T. de Mérida, Estudiante de Doctorado;

²Centro de Investigación de Graduados Agropecuarios, ITA No. 26, Investigador.

³Centro de Investigación Científica de Yucatán, Investigador. I. T. Mérida, Av. Tecnológico s/n Apdo postal 118, Tel: (999) 9448479 Mérida, Yucatán.

CLONACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ADN COMPLEMENTARIO DE LA POLIFENOL OXIDASA DE BANANO (*Musa acuminata*) cv. ENANO GIGANTE

CLONING AND CHARACTERIZATION OF POLYPHENOL OXIDASE cDNA OF BANANO (*Musa acuminata*) cv. ENANO GIGANTE

Herrera, F. M.¹, B. H. Chí², E. Castaño³ y L. C. Rodríguez-Zapata⁴.

SUMMARY. Enzyme polyphenol oxidase (PPO) is thought to be involved in banana fruit browning. Therefore, molecular and biochemistry studies will permit to solve this problem. In this study we cloned and characterized a partial cDNA clone of PPO from banana of stage C through RT-PCR.

INTRODUCCIÓN. El banano es una de las frutas más importantes a nivel mundial que crece en muchas áreas tropicales donde es usado como alimento básico y como complemento alimenticio. (SIAP, 2004).

Cuando los frutos de banano sufren algún daño se observa un oscurecimiento en estos. Se piensa que en bananos y otras especies tropicales la actividad de la PPO es la principal causa de la coloración oscura de los tejidos durante el manejo, almacenamiento y procesamiento de estos. Este problema es de considerable importancia debido al significativo impacto económico que ocasiona (Gooding *et al.* 2001).

La PPO está localizada en los plástidos (Goldman *et al.* 1998) y cataliza la oxidación dependiente de O₂ de fenoles a quinonas y las reacciones secundarias de las quinonas conllevan a la formación de pigmentos negros o cafés (Thygesen *et al.* 1995). Las secuencias aisladas de la PPO presentan sitios conservados de histidina, los cuales representan sitios de unión a cobre, necesario para la actividad de la PPO (Gooding *et al.* 2001).

Por tal motivo, se clonó y caracterizó el ADNc de la PPO de banano, como una primera parte en el estudio del papel que juega esta enzima en el oscurecimiento de los frutos.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se extrajo el ARN de frutos de banano a partir del estadio C, de acuerdo a la clasificación dada por Gooding *et al.* (2001); en este estadio se observa una mayor expresión de la PPO. 1 g de cáscara y de pulpa de banano fue utilizado para aislar RNA total (ver protocolo de extracción contenido en el manual Plant RNA purification Reagent de Invitrogen). Se realizó la retrotranscripción con el oligonucleótido RTMEN (5'-GGAATTCGAGCTCGTCTGAC(T)₁₈-3'); y para la amplificación del producto se tomaron los siguientes oligonucleótidos: POPF (5'-CTGAACAGTAATAGACATGTCCTGC-3', descrito por Gooding *et al.* 2001) y REPO (5'-CCACATNCKRTCNAYRTTNSHRTG-3'). El fragmento obtenido se insertó en el vector pGem-T Easy (Promega) y se clonó en la cepa de *E. coli* JM109; Las colonias positivas se identificaron mediante la estrategia de interrupción de la secuencia del gen lac Z, utilizando el sustrato X-gal. El ADN plasmídico se extrajo de acuerdo al protocolo descrito por Sambrook and Russel (2001). Para el análisis de los fragmentos se utilizó el programa BLAST del National Center for Biotechnology Information (NCBI) para caracterizarla.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. Nosotros inicialmente extrajimos RNA total a partir de diferentes de tejidos vegetativos (plantas de banano crecidas in vitro, Inflorescencias y frutos de bananos de los primeros estadios de desarrollo, y hojas cigarro de banano). Al utilizar diferentes juegos de oligonucleótidos, no se encontró la amplificación de ningún producto. Un fragmento esperado de 1.1

Kb fue identificado al utilizar los oligonucleótidos descritos (ver materiales y métodos). La secuencia obtenida fue comparada en una base de datos (Genbank) y resultó ser homóloga a algunas secuencias que codifican para PPO provenientes de diferentes especies. Se analizó la secuencia y se observó que la secuencia de aminoácidos presenta los sitios conservados de histidina (ver figura 1). Actualmente se están realizando pruebas de expresión del gen de la PPO, comparando diferentes estadios de desarrollo del fruto.

Figura 1. Comparación de la secuencia de aminoácidos del fragmento obtenido de la PPO de banano de 1092 pb con las proteínas de PPO de banano (AR404638), piña (AA016865) y espinaca (CAA91448). En sombreado se presentan las regiones de unión a cobre (CuA, CuB) y en negritas los residuos conservados de histidina.

PPO	-----LNSNRHVPVAVELLHRCFLMPPPTKVPVPPPPRPRHPPGQWQRCRPPAA
AR404638	TPPFLSLSLVTVTIDMSLLNNSFTGASSACLLQRRSRRRRLHVPGVTCRSGDGR
AA016865	-----MATSLRLAHPNTNNSTLSSPSFACFSQQKLHR-----HLPP-PCSKPPKPRRK
CAA91448	-----HATLSSPTITITTSILLNNPLPKTQLSAHHHRGVRVNVGKVCSTQKNNNGINDEN
PPO	-----VAAAGSARHVGFRRLRRDRRTQSGGGAD-----NAAGSVQLPCHRTCP----
AR404638	-----DAAPQSQSPPLDORRDLGLGLGVGTAGP-----KYLAAPIPPDLKSCYCP----
AA016865	-----WISCKSEKSRDORRDLGLGVGLVGAAGLGLDRRAVAPAQAPDSTCGPPAD
CAA91448	NQFQLIQNPNTNTPLYLDRNLLGLGMYAALGSEGANITLAAPIDPVKECTLSDA
PPO	-----RQQLPALRPRRDLGVQLPRYA-----PPGAAAGPVREGSRVGVQVCAVRWK
AR404638	ATAPALDNKCCPPVDPGETISEYFSPAT-----LVRVRPAHVKDDQYMDKVEAVRWK
AA016865	LPATAPPTDCCPPYQS-----TIVDFKLPPRS-----DPLRVRPAAGVADVLAQKKAELMK
CAA91448	LWDGSGVDGHCPCPPFDLNTDKDEFKYNHNVKVRRAHRAHVEDGLNDYKRAIAIMK
PPO	NLPADHPWNYQQANIHCQYCNVYHQNTDDVPQVHFSWIFLPMWRVLYHFEVERILGK
AR404638	NLPADHPWNYQQANIHCQYCNVYHQNTDDVPQVHFSWIFLPMWRVLYHFEVERILGK
AA016865	ALPADHPNTQQANVHCACYCDGADYIGDFPLEIQVSSWLFPMWRVLYHFEVERILGK
CAA91448	SLPMSDFRSHMQARVHCACYCDGYPVLGHNDITRELVHSSWLFPMWRVLYHFEVERILGK
PPO	LDDDTFTIPFWNDKDGMTFAIFQDASPLVDPKDRVVKDGLDLKYAYTENTA
AR404638	LDDDTFTIPFWNDKDGMTFAIFQDASPLVDPKDRVVKDGLDLKYAYTENTA
AA016865	LDDDTFTIPFWNDKDGMTFAIFQDASPLVDPKDRVVKDGLDLKYAYTENTA
CAA91448	LNNKDFALPYNWDHRRDMRIPEIFKEMDSPLFDPNRRNTNHLKMMNLVSDEEGSDV
PPO	SDSEIIRENLCFIKTKFKH-----SLSLAELFMGDPVRAKEKE-----QEAQGMVEIHNA
AR404638	SDSEIIRENLCFIKTKFKH-----SLSLAELFMGDPVRAKEKE-----QEAQGMVEIHNA
AA016865	TPQQIAHNLITMYRVIS-----GGKTPFLPMGAARAGDAP-----PGAGTLELFWPHNS
CAA91448	NEDDQYENTLLKNAHNYVSVDPMKALFLGSPVADGMEGSDVSGAGTLELFWPHNS
PPO	AHMMVCEPDG-YKENMGDSFSTAARDVSFFCHSNQDMVDM-----RVFEDNDW
AR404638	AHMMVCEPDG-YKENMGDSFSTAARDVSFFCHSNQDMVDM-----RVFEDNDW
AA016865	MHLMTGDPNQDDEMGTFYAAARDPIFFAHNGNVDVMVYWRKLGGT-----HRDFDPDW
CAA91448	VHMTSNTIKGNQDGMGAFSAGRDPLFYCHSNQDMVDMVSLTDVLHGGNFKTPEDYDY
PPO	LDSTFLPHDNEQLVKVMSDCLNPTKLYRTFEQVPLWLGKINCQKATK-----
AR404638	LDSTFLPHDNEQLVKVMSDCLNPTKLYRTFEQVPLWLGKINCQKATK-----
AA016865	LNASFIFYDENAQLVRVKKDKLEADALRYTQDQDIPWISAKTPKTKTPG-----
CAA91448	RNAYIFYDENAQRVVRVDSFOTERLGVKYEDGLPWSITQQQQQKQKQQKQPLLG
PPO	-----SKATTELSTLRVNEGTAAQALDASPLVIRVAPKNNKKKKEKQKVQIQIKDK
AR404638	-----SKATTELSTLRVNEGTAAQALDASPLVIRVAPKNNKKKKEKQKVQIQIKDK
AA016865	-----AAPSTTEATFPVLLD-----KPVSATVAPKTKGRTSGEE-----VLVVEGLE
CAA91448	GRLKTRTFSLVKVLLTELKVMPLPLKYSVITKVDKPKSRKEDKLEHEEVLINFKL
PPO	VTNETARFDVYVAVPYGDLAG-----PDYGEFAGSVYRLAHRMKGSDGTEKQKPKKG----
AR404638	VTNETARFDVYVAVPYGDLAG-----PDYGEFAGSVYRLAHRMKGSDGTEKQKPKKG----
AA016865	LKDQVAVKFDVYNAPDNEGVG-----PEASEFAGSVQVPHHKKKG-----KKEKARKTK----
CAA91448	GKSKDFIKFDVYINDGTYKPEDKTKINLEYAGSFTSLTGGGGGGGGSHHAEEDMGKN
PPO	-----KLKLGITPLEDDAEDADKLVTLLVLTGS-----VTVGGVSNLLQDSTAAIMASDHS
AR404638	-----KLKLGITPLEDDAEDADKLVTLLVLTGS-----VTVGGVSNLLQDSTAAIMASDHS
AA016865	-----TLRLGIDTLEDIGAEDDESVLTVPRIGEGLVKVGGLRDFSK-----
CAA91448	TVLKLALNQLLEDLDATDDSDQVTVIPKSGTSDIVTGTIDE-----
PPO	FSPKLLESITGAFFLPVLAIFLIWDPISIRAGSPDPICOTWSQQLYMRVGTVYFI
AR404638	FSPKLLESITGAFFLPVLAIFLIWDPISIRAGSPDPICOTWSQQLYMRVGTVYFI
AA016865	-----
CAA91448	-----
PPO	-----
AR404638	AVTLVSLPKKKKK
AA016865	-----
CAA91448	-----

CONCLUSIÓN. Se aisló una secuencia de 1092 pb, que resultó ser homóloga a la de PPO de otras especies de plantas.

BIBLIOGRAFÍA

- Goldman, M., Seurinck, J., Marins, M., Goldman, G. y C. Mariani. 1998. Plant Mol. Biol. 36:479-485
- Gooding, P., Bird, C. y S. Robinson 2001. INFOMUSA 10:17-22.
- SIAP. 2004. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. Internet.
- http://www.siea.sagarpa.gob.mx/ar_comagr2b.html
- Thygesen, P., Dry, I. y S. Robinson. 1995. Plant Physiol. 109: 525-531.

¹CICY. Pasante de Licenciatura en Biología

²CICY. Maestro en Ciencias en Biotecnología

³CICY. Investigador de la Unidad de Bioquímica

⁴CICY. Investigador de la Unidad de Biotecnología

CICY: Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.

Calle 43 # 130 Col. Chuburná de Hidalgo 97200. Mérida, Yucatán, México

ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD GENÉTICA INDUCIDA EN PLANTAS DE 'CAMBUR MANZANO' (*Musa sp.*) MEDIANTE MARCADORES RAPD.

ANALYSIS OF INDUCED GENETIC VARIABILITY IN 'CAMBUR MANZANO' PLANTS (*Musa sp.*) BY RAPD MARKERS

Pérez V¹., A. Silva¹, M. Vidal² e I. Trujillo²

SUMMARY. In Venezuela, the 'Cambur manzano' (AAB) represents an income source for local producers, which is exceedingly important for the regional economical development. Yet, the variety is highly susceptible to a various diseases and plagues and affects its rendering. Somaclones of 'Cambur manzano' were obtained by hormonal stimulus of adventitious shoots, using successive cycles of culture with progressive rising of cytokines (5, 10 and 15 mg/l BA), pursuing to induce genetic variability. To evaluate the effectiveness of this process, 30 somaclones and a mother plant were analyzed by RAPD markers. 12 primers were utilized, 4 of them generated bands patterns of polymorphism, allowing differentiations between some of the obtained somaclones. The clusters analysis using the UPGMA method and the Jaccard's coefficient of similarity produced a dendrogram that revealed approximately 5% of genetic variability between analyzed somaclones. The utility of induction of adventitious shoots is being discussed, using elevated concentration of cytokines as a biotechnological strategy for molecular breeding of *Musa sp.*

INTRODUCCIÓN. Entre las distintas variedades de banano sembradas y comercializadas en Venezuela, el 'Cambur manzano' (AAB) reviste una importancia especial, ya que representa una fuente de ingreso para los productores locales, gracias a su atractivo para la comercialización, debido especialmente a su particular sabor y textura. Sin embargo, esta variedad es altamente susceptible a diversas enfermedades y plagas, las cuales conducen a un bajo rendimiento, lo que resta competitividad en el mercado interno. Esta investigación se orienta a la utilización de técnicas biotecnológicas que induzcan variabilidad genética, mediante el uso de concentraciones elevadas de citocininas, como una estrategia para el mejoramiento genético del 'Cambur manzano'. Adicionalmente, se pretende evaluar la utilidad de los marcadores RAPD en detectar la posible variabilidad genética inducida en clones de esta variedad, regenerados mediante esta estrategia biotecnológica.

MATERIALES Y METODOS. Las plantas sometidas a análisis molecular mediante marcadores RAPD, fueron obtenidas mediante inducción de yemas adventicias usando ciclos sucesivos de cultivo con aumento progresivo de la concentración de BA (5, 10 y 15 mg/l). Se evaluaron 30 somaclones de 'Cambur manzano' y la Planta madre, usando 12 iniciadores de secuencia nucleotídica arbitraria. Para la amplificación e incubación del ADN de banano se utilizó el protocolo propuesto por Fauré y col. (1993)¹. Los fragmentos informativos fueron tabulados en una matriz de presencia/ausencia, para estimar las relaciones genéticas, usando el coeficiente de similitud de Jaccard's. Los dendrogramas se construyeron con el método UPGMA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. De los 12 iniciadores utilizados, 4 de ellos generaron patrones de bandeo polimórficos, que permitieron la diferenciación entre algunos de los somaclones regenerados. Se registraron un total de 87 bandas RAPD, de las cuales 77 fueron monomórficas y 10 polimórficas (Cuadro1).

El análisis de agrupamiento basado en los marcadores RAPD produjo un dendrograma que revela aproximadamente un 5 % de variabilidad genética entre los somaclones analizados (Figura 1).

¹UCAB. Fac. de Humanidades. Estudiantes de Licenciatura.

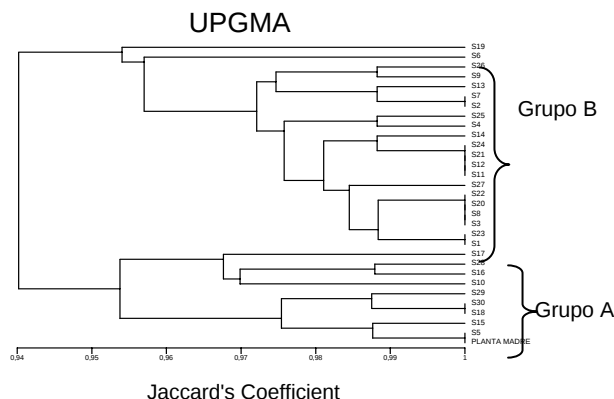
²UNESR- IDECYT- CEDAT- Profesor Investigador. Av. Mara, Altos del Cují. Municipio Los Salías. Edo. Miranda. Venezuela. Apartado 47925. Caracas 1010. Tel. 0058-212-6719138

Cuadro 1. Número total de bandas RAPD monomórficas y polimórficas obtenidas para cada iniciador

Iniciadores	Nº de bandas monomórficas	Nº de bandas polimórficas	Total
OPA 02	12	0	12
OPA 04	10	0	10
OPA 14	5	0	5
OPB 07	9	2	11
OPB 08	5	0	5
OPB 10	4	0	4
OPB 11	7	0	7
OPB 12	4	0	4
OPB 15	6	0	6
OPB 20	4	4	8
OPB 01/OPB 03	7	1	8
OPB 03/OPB 20	4	3	7
TOTAL	77	10	87

Los clones fueron distribuidos en dos grupos principales, el primero de ellos reunió a 9 somaclones junto a la Planta Madre (grupo A) y el segundo grupo incluyó los 21 somaclones restantes (grupo B).

Figura 1. Análisis de agrupamiento basado en 87 marcadores RAPD obtenidos a partir de 30 somaclones de 'Cambur manzano' y la Planta Madre



En las evaluaciones realizadas en vivo, no se evidenció ningún carácter morfológico asociado a las diferencias moleculares encontradas, por lo que se demuestra la utilidad de los marcadores RAPD en evidenciar la variabilidad genética presente entre los regenerantes. Por otro lado, en estudios previos se encontró, que el protocolo para la micropropagación convencional de banano, genera clones con una alta estabilidad genética (comunicación personal), mientras que la inducción de yemas adventicias usando concentraciones elevadas de citocininas, constituye una estrategia útil para generar variación somaclonal beneficiosa en *Musa sp.*², lo cual fue evidenciado por análisis RAPD³. Estas somaclones actualmente están siendo evaluados en campo para conocer su comportamiento agronómico, así como la respuesta frente al ataque de ciertas enfermedades y plagas.

CONCLUSIONES. La inducción de yemas adventicias en 'Cambur manzano', producto del cultivo con elevadas concentraciones de citocininas, constituye una estrategia biotecnológica adecuada para generar variabilidad genética en *Musa sp.*, pudiendo conducir a un mejoramiento genético del 'Cambur manzano', lo que resultaría beneficioso desde el punto de vista económico-productivo.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Fauré, S., J.L. Noyer, J.P. Horry, F. Bakry, C. Lanaud, D. González de León. 1993. Theor. Appl. Genet. 87: 517-526.
2. Trujillo, I. y García, E. 1996. INFOMUSA 5(2): 12-13
3. Vidal, M. y García, E. 2000. Plant Mol Biol Rep 18: 23-31.

ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA EN BANANOS Y PLÁTANOS (*Musa spp*) EN CUBA.

GENETIC DIVERSITY IN BANANA AND PLANTAIN (*Musa spp*) IN CUBA ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA

María Isabel Román¹¹; Clara González²; Xonia Xiqués²; Maruchi Alonso²; Rosa Acosta²; Teresa Ramírez¹; Lianet González¹; Francisco Dueñas²; Marilyn Valdés².

SUMMARY. For the first time in Cuba, was studied by cytogenetical, morphological and molecular markers genus *Musa* accessions, belong to the Gene Bank on Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (Santo Domingo. Villa Clara, Cuba). Genetical diversity was determinated in the accessions.

INTRODUCCIÓN. El Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT) de Santo Domingo, Villa Clara, posee colecciones de diferentes cultivos de interés económico, entre las que se encuentra la del género *Musa*. Este Banco de Germoplasma está considerado como uno de los más grandes y más completos de la región de América Latina y el Caribe,

La caracterización citogenética, morfoagronómica y molecular de las accesiones de la colección de trabajo del género *Musa* (plátanos y bananos) y del primer híbrido cubano de bananos, permitió trazar una estrategia en la conservación del germoplasma y recomendar nuevas accesiones para ampliar la diversidad genética en el cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se realizó una selección de las especies y clones más representativos del Banco de Germoplasma del género *Musa*, para conformar una colección de trabajo que permitiera la caracterización del mismo y trazar una metodología para ser aplicada en el estudio de otras accesiones

Se determinó el número de cromosomas, por el conteo de 20 células para cada material, a partir del método descrito por Román y Rodríguez (1986).

La caracterización morfoagronómica se realizó a partir de 20 caracteres cualitativos y 9 cuantitativos, según los Descriptores Mínimos para el Banano. Los resultados fueron evaluados por los análisis de componentes principales y el factorial discriminante (Linares, 1988).

Los análisis electroforéticos se realizaron en gel de poliacrilamida (PAGE) al 10% y un sistema de buffer discontinuos, para los sistemas isoenzimáticos peroxidasas, polifenoloxidasas, esterasas y anhidrasa carbónica y las proteínas totales,

Se establecieron los fenotipos proteicos e isoenzimáticos de cada especie y clon sobre la base del número y posición de cada banda. Se consideró como valor cero la ausencia y como uno la presencia de bandas. A partir de los resultados obtenidos en los electroforetogramas para los sistemas isoenzimáticos y de proteínas totales, se midieron las semejanzas entre los materiales con el empleo del programa MAT-GEN (Sigarroa y Cornide, 1995) para obtener la matriz de similitud a partir del Índice de Apóstol, la cual fue analizada mediante un análisis de Conglomerados (*Cluster*).

Para revelar la diversidad molecular y confirmar el carácter híbrido de la progenie, se realizó el análisis del polimorfismo molecular, mediante la metodología descrita por Rhode (1996).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis citogenético determinó que los clones de plátanos estudiados son triploides, con un número cromosómico de $2n=3x=33$. En los bananos se cuenta con 2 especies y 10 clones diploides ($2n=2x=22$), 10 clones triploides ($2n=3x=33$) y ocho tetraploides ($2n=4x=44$). Los somaclones mantienen el número cromosómico de sus donantes.

En la caracterización de la colección de trabajo, los descriptores cualitativos más importantes son diferentes para cada grupo, mientras

que los descriptores cuantitativos coinciden, siendo estos el número de frutos, el número de manos y el peso de los racimos. Las accesiones estudiadas, se distribuyeron por su nivel de ploidía y por las semejanzas en los descriptores cualitativos y cuantitativos en los siguientes grupos: bananos diploides, bananos triploides, bananos tetraploides y plátanos triploides. En estos dos últimos aparecen los clones más productivos. Estos resultados indican que los descriptores empleados en este trabajo son los adecuados para establecer las divergencias entre las accesiones del banco de germoplasma del género *Musa* y para la aplicación de los mismos se debe tener en cuenta los diferentes niveles de ploidía y si son bananos o plátanos.

El estudio electroforético de isoenzimas y proteínas totales puso de manifiesto las afinidades genéticas entre las especies y clones estudiados y que las accesiones no constituyen duplicados. En los sistemas esterasas, anhidrasa carbónica y las proteínas totales, las accesiones analizadas mostraron patrones de bandas característicos con gran polimorfismo, lo cual los hace marcadores útiles para el análisis de la diversidad genética en el género *Musa*. Estos sistemas polimórficos dieron a conocer el grado de heterocigocis en algunos de los grupos formados, como es el caso de los bananos diploides y tetraploides y la determinación de las afinidades genéticas, lo que contribuye al esclarecimiento de la situación taxonómica de los clones.

El primer híbrido cubano de bananos tiene un número cromosómico de $2n=4X=44$. La descendencia obtenida presenta en relación con sus progenitores altos valores para el largo de los frutos y valores intermedios para el resto de los descriptores cuantitativos analizados. Por los análisis genético-bioquímicos y moleculares se demostró que la mayor afinidad genética fue con el progenitor masculino (SH 3362) y que constituyen un solo genotipo. Se validó el empleo de la Técnica de Secuencias Invertidas Repetidas (ISTR), como marcador molecular en el género *Musa*.

CONCLUSIONES. Se pone de relieve la necesidad de que los investigadores, aborden la caracterización del germoplasma, empleando métodos morfoagronómicos, citogenéticos y moleculares, lo cual permite, como en el caso del género *Musa*, recomendar nuevas estrategias para la conservación y el mejoramiento genético.

BIBLIOGRAFIA

1. Linares, G. (1988). Análisis de Datos. Pueblo y Educación, La Habana, 590 pp.
2. Román, M. I. y A. Rodríguez Nodals (1986). Estudios citogenéticos e implicaciones taxonómicas en ocho cultivares de plátano (*Musa spp*). Cienc. Tec. Agric. Viandas Tropicales. Vol 7(1):7-14.
3. Sigarroa, A.; M. T. Cornide (1995). Manual MAT-GEN. Manual del usuario. Folleto, Facultad de Biología, 37pp.
4. Rhode, W. (1996). Inverse sequence tagged repeat (ISTR) analysis: a novel and universal PCR based technique for genome analysis in the plant and animal Kingdom. J. Genetic and Breed. 20: 249-261.

¹Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT)).

²Facultad de Biología, Universidad de la Habana,

USO DE MARCADORES RAPD PARA LA CARACTERIZACION DE CLONES DE MUSA AAA PROPAGADOS IN VITRO QUE PRESENTARON DIMORFISMO FOLIAR

USE OF RAPD MOLECULAR MARKERS TO CHARACTERIZE MUSA AAAA CLONES PROPAGATED IN VITRO WHICH HAD LEAF DIMORPHISM

Efraín G. Salazar, José G. Surga, Darío Torrealba y Luis Castro. ¹

UMMARY. *In vitro* propagation of Musa clone FHIA 02 (AAAA), through shoot meristem culture has produced plants that showed foliar dimorphism were grown under field conditions. To understand the process, a molecular characterization of the two groups of plants was done, through RAPD. Genomic DNA was isolated from leaf tissue and was amplified using 10 mer primers OPA-02, OPA-09, OPB-06, OPB-07, OPC-13, OPE-02 and OPF-14. Amplifications were done in a MJ research PT200 thermal cycler using an initial sep of 94°C for 5 min, followed by 45 cycles of 93°C for 1 minute, 37°C for 0.5 minutes and 72°C for 2 minutes, and a final extension of 72°C for 10 min. Amplified fragments were electrophoretically separated in 2% agarose gels and visualized with ethidium bromide staining. Gels were photographed under UV light conditions with a 667 Polaroid film. Molecular weight of the bands were calculated using the Quantity one program of the Biorad Chemidoc. Primers OPA-04, OPA-09, OPB-06 y OPB-07 allowed separation of narrow leaf materials from the broad leaf ones. Additionally, primers OPA-02, OPC-13, OPE-02 Y OPF-14 established characteristic band patterns for each studied material. Strong differences among the two groups were observed, and small differences were observed within each group. It is possible that a erroneous introduction of materials among the FHIA 02 plants occurred, which explained the two types of leaf morphology found.

RESUMEN: La propagación *in Vitro* de Musa (AAA) FHIA 02, mediante cultivo de meristemas caulinares, ha producido plantas que en campo presentaron dimorfismo foliar. Para entender el proceso, se realiza la caracterización molecular de los dos grupos de plantas, mediante el uso de RAPD. Para tal fin se extrajo el ADN genómico a partir de tejido foliar y se amplificó utilizando los primers OPA-02, OPA-09, OPB-06, OPB-07, OPC-13, OPE-02 y OPF-14. Se amplificaron usando un termociclador MJ Research PT200 con un paso a 94°C por 5 min, seguido de 45 ciclos de 93°C por 1 minuto, 37°C por 0.5 minutos y 72°C por 2 minutos, y una extensión de 72°C por 10 min. Los Adns amplificados se visualizaron mediante electroforesis en agarosa 2% teñidos con bromuro de eitidio. Los geles se fotografiaron bajo luz ultravioleta con film Polaroid 667 y se analizaron para determinar el peso molecular de las bandas aisladas mediante el programa quantity one del chemidoc de Biorad. Los primers OPA-04, OPA-09, OPB-06 y OPB-07 permitieron separar los materiales de hoja angosta de los materiales de hoja ancha. Adicionalmente, los primers OPA-02, OPC-13, OPE-02 Y OPF-14 han establecido patrones de bandas característicos para los materiales estudiados. Se observan diferencias entre los dos grupos de plantas bastante marcadas, y aun cuando hay diferencias dentro de cada grupo, estas son de menor cuantía. Es posible que haya habido una introducción errónea de un material dentro de los FHIA 02 lo que explique los dos tipos de morfología foliar.

¹Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA-CENIAP). Zona Universitaria via El Limón. Edificio 09. Maracay 2101. Venezuela. Email: esalazar@inia.gov.ve

FERTILIZACIÓN EN VITRO DE BANANO PARA LA OBTENTION DE HYBRIDS EN 'GRAN NAINE'

IN VITRO FERTILIZATION OF BANANA FOR THE OBTAINMENT OF 'GRAND NAINE' HYBRIDS

Soares, T. L.¹, Santos-Serejo, J. A.², Souza, A. S.², Silva, S. O.²

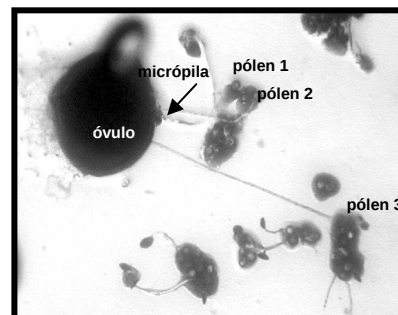
SUMMARY. Conventional genetic breeding is difficult and slow in banana (*Musa* spp.) due to the fact that most cultivars are triploids and produce few or no seeds, such as the ones in the Cavendish subgroup due to biochemical and/or physical barriers that occur during the fertilization process under natural conditions in determined crosses, which can be overcome by *in vitro* fertilization. Aiming to identify adequate cultivation conditions for *in vitro* fertilization, a study in the Plant Biotechnology Laboratory at Embrapa Cassava and Fruit Crop, located in the Cruz das Almas-Bahia-Brazil, inoculating pollen grains of a 'Pa Songkla' diploid and 'Grande Naine' ovules, with and without placenta, in culture medium with 60 g/L of sucrose and 100 mg/L of boric acid (H_3BO_3) solidified with 8 g/L of agar and pH adjusted to 5.8, was carried out. A tendency towards the germination of the pollen tube in the direction of the inoculated ovules without placenta, was observed.

INTRODUCTION. Cultivars of the Cavendish subgroup (Nanica, Nanicão and Grande Naine) also known as banana d'água, represent 44% of the bananas cultivated worldwide and are the main ones used for natural consumption. Due to their flavor and texture, are preferred by consumers worldwide being the main ones exported. They present *Fusarium* wilt resistance, however, are highly susceptible to yellow and black Sigatoka. One of the main limitations of Cavendish conventional breeding is that these cultivars do not produce seeds, when pollinated with diploids. This hinders the obtainment of improved tetraploid hybrids of this subgroup from crosses between triploids and diploids, as it is done with the Prata type banana (Silva et al., 2001). Due to this fact, the process of *in vitro* fertilization aiming the obtainment of new productive cultivars resistant to yellow and black-Sigatoka and with fruits of good quality, was studied.

MATERIAL AND METHODS. Aiming to identify adequate cultivation conditions for *in vitro* fertilization, a study in the Plant Biotechnology Laboratory at Embrapa Cassava and Fruit Crop in Cruz das Almas-Bahia-Brazil, in which pollen grains of a 'Pa Songkla' diploid and 'Grande Naine' ovules were used, was carried out. Culture medium containing 60 g/L of sucrose and 100 mg/L of boric acid (H_3BO_3) was solidified with 8 g/L of agar and the pH adjusted to 5.8. Pollen grains were previously distributed in Petri dishes with 9 cm of diameter, subdivided in four quadrants, each one representing one repetition, containing in average, 25 ovules and 200 pollen grains. No desinfection procedure of the pollen grains was carried out. On the other hand, for the ovule desinfection, immature fruits originated from the first three hands were immersed in alcohol 70% for 5 minutes and afterwards in sodium hypochloride solution at 50% with a few drops of Tween 20, during 30 minutes under agitation and washed three times with distilled sterilized water. Afterwards the ovules were excised, with and without placenta, and inoculated in the dishes containing the pollen grains.

RESULTS AND DISCUSSION. The pollen grains germinated more efficiently in the dishes containing the inoculated ovules without placenta, and a tendency of the pollen grain to develop towards the ovules originated from the first hand, was observed (Figure 1). It was observed that the dishes containing the ovules with placenta contaminated quickly. Moreover, the placenta, when in contact with the medium, dissolves, favoring oxidation and hindering the germination process of the pollen grains.

Figure 1. Growth of three pollen tubes of the 'Pa Songkla' (AA) diploid in the direction of the 'Grande Naine' (AAA) ovule, with one reaching the micropile (arrow).



CONCLUSION. *In vitro* cultivation of banana ovules without placenta promoted less oxidation. There was a tendency of the pollen tube to develop towards the ovules.

REFERENCES

- SILVA, S. O.; SOUZA JUNIOR, M. T.; ALVES, E. J.; SILVEIRA, J. R. S.; LIMA, M. B. Banana breeding program at Embrapa. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, Londrina, v. 1, p. 399-436, 2001.

¹UFBA-Fac. Agricultural Sciences Graduate Student-Masters-

²Embrapa Cassava and Fruit Crop, Researchers – Biotechnology and Plant Genetic Breeding
Embrapa Cassava and Fruit Crop. Rua Embrapa, s/n - Caixa Postal 007 - Cruz das Almas - BA, 44.380-000. s/n Tel. (75) 621-8031. Brasil

EFFECTO DE LA COLCHICINA EN IN VITRO EN LA REGENERACION DE BANANERA

EFFECT OF COLCHICINE IN *IN VITRO* BANANA REGENERATION

Santos-Serejo, J.A.³², S.O. Silva¹, C.V. Moreira³³, S. Teles³⁴

SUMMARY. Shoot apex of AA diploids, Berlin, Madu, Malbut, Niyarma Yik, Ouro and Thong Dok Mak were introduced in MS medium supplemented with 30 mg/L of sucrose and 1.8 g/L of Phytigel with 4 mg/L of BAP (benzylaminopurine), pH adjusted to 5.8. After 15 days the meristems were dipped in 2.5 mM colchicine solution, maintained in a recipient under agitation for 24, 48 and 72 hours and transferred to MS medium with 4 mg/L of BAP after treatments. With the exception of the Berlin diploid, the greater the time of the treatment with colchicine, fewer was the proliferation of shoots. Plants presented low growth, small and thick leaves, compared to the control, which could be the indication of the obtainment of autotetraploids. However, ploidy level will be confirmed by chromosome counting, 4 and 6 months after the use of colchicine.

INTRODUCTION. Autotetraploid induction using antimitotic agents has been proposed as an alternative strategy for the introduction of disease resistance in bananas. The polyploid induction with colchicine is a procedure used in many plant species. However, little information is available regarding the effect of the application of colchicine in different banana genotypes (Hamil et al., 1992; Van Duren et al., 1996; Ganga and Chezhiyan, 2002). The present study is part of a program which aims for the obtainment of secondary (AAA) triploids, with the induction of chromosome duplication of promising diploids and posterior cross of the autotetraploid obtained with an elite diploid. The effect of colchicine in the in vitro proliferation of six banana cultivars was investigated.

MATERIAL E MÉTHODS. (AA) diploids, Berlin, Madu, Malbut, Niyarma Yik, Ouro and Thong Dok Mak were used. The shoot apex with 1.0 to 1.5 cm in size, isolated from the plants already maintained in vitro, were introduced in MS medium (Murashige & Skoog, 1962), supplemented with 30 mg/L of sucrose and 1.8 g/L of Phytigel, with 4 mg/L of BAP (benzylaminopurine), with pH adjusted to 5.8. After 15 days the meristems were dipped in a 2.5 mM colchicine solution, maintained in a recipient under agitation (60 rpm) for 24, 48 and 72 hours. After the treatment, the apical meristems were washed 3 times with distilled water and transferred to MS medium supplemented with 4 mg/L of BAP. The experimental design was in random blocks with ten repetitions.

RESULTS AND DISCUSSION. Approximately 45 days after the treatment, great majority of the explants treated with colchicine presented tissue oxidation and low shoot proliferation. With the exception of the Berlin diploid, the longer the period of treatment with colchicine, the lower the shoot proliferation (Figure 1). The plants presented slower growth, small and thick leaves, as compared to the control, which could be an indication of the obtainment of autotetraploids. However, ploidy level will be confirmed by chromosome counting, 4 and 6 months after the use of colchicine.

CONCLUSIONS. The response to the colchicine treatment varied between the genotypes. For the majority of the genotypes, the application of the antimitotic agent for 24 hours enabled the regeneration of plants.

Figure 1. In vitro regeneration of Ouro' (A) and 'Berlin' (A) bananas without the use of colchicine and treated with 2.5 mM colchicine for 24, 48 e 72 horas.



REFERENCES

1. GANGA, M.; CHEZHIYAN, N. Influence of the antimitotic agents colchicine and oryzalin on in vitro regeneration and chromosome doubling of diploid bananas (*Musa* spp.). *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, v. 77, n. 5, p. 572-575. 2002.
2. HAMIL, S.D; SMITH, M.K.; DODD, WA. In vitro induction of banana autotetraploids by colchicine treatment of micropropagated diploids. *Australian Journal of Botany*, v.40, p. 887-896, 1992.
3. MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, v.15, p.473-497, 1962.
4. VAN DUREN, M.; MORPURGO, R.; DOLEZEL, J.; AFZA, R. Induction and verification of autotetraploids in diploid banana (*Musa acuminata*) by in vitro techniques. *Euphytica*, v. 88, p. 25-34, 1996.

³²Embrapa Cassava and Fruit Crop, Researchers – Biotechnology and Plant Genetic Breeding

³³AGRUFBA, Scholarship program PIBIC/CNPq

³⁴AGRUFBA, Undergraduate student - Agronomy

MUTANTES DE MUSA INDUCIDOS POR LA RADIACIÓN GAMMA

MUSA MUTANTS INDUCED BY GAMMA RADIATION

Santos-Serejo, J.A.³⁵, S.O. Silva¹, D.L. Dias³⁶

SUMMARY. Plants of the Pacovan and Pacovan Ken cultivars irradiated with gamma rays at 20 and 30 Gy of intensity, respectively, were studied in the present work, aiming the selection of plants with short height. The irradiated plants were evaluated in the field using morphological descriptors. The Pacovan Ken cultivar presented greater frequency of variations. Large part of the mutants observed (about 30%) presented alterations related to plant height. Plants with alterations in the shape and leaf color, such as presenting altered pseudostem coloration and leaf base deslocation were also observed.

INTRODUCTION. *In vitro* mutagenesis is a biotechnological technique used in order to alter agronomic characteristics governed by one or few genes in genotypes of great interest, being considered as a fine adjustment of a variety (Perez Ponce, 1998). The most used banana cultivar in the North and Northeast Regions in Brazil is Pacovan, which is tall in height, fruits are 40 % larger than the 'Prata' ones and has good yield, despite its moderate susceptibility to *Fusarium* wilt and high susceptibility to both Sigatokas, yellow and black. High yielding 'Pacovan' hybrids, resistant to Fusarium wilt and black and yellow Sigatokas, and with quality fruits, but tall in height, such PV42-68 (Pacovan Ken), have been generated in the banana breeding program by hybridization at Embrapa Cassava and Fruit Crop (Silva et al., 2001). *In vitro* mutation induction with the use of gamma rays in stem apex, appeared to promote greater variability, when compared with somaclonal variation (Domingues et al., 1994; Tullmann-Neto et al., 1995). Mutation using gamma rays is a new line of work, recently incremented in the banana breeding program at Embrapa, aiming the obtaintment of plants short in height. The objective of this work was to evaluate and characterize irradiated Pacovan (AAB) and Pacovan Ken (AAAB) plants, installed at the field at Embrapa Cassava and Fruit Crop, aiming the selection of short mutants.

MATERIAL E METHODS. One-hundred and thirty nine plants of the Pacovan and 158 plants of the Pacovan Ken cultivars, derived from irradiated meristems at CENA/USP with gamma rays of 20 Gy and 30 Gy intensity, respectively, were used. The irradiated plants were evaluated in the field at Embrapa Cassava and Fruit Crop, using morphological descriptors. The variations that occurred (short internodes, leaf deformities, altered pseudostem coloration, reduced height), as well as frequency, were recorded. Plants with possible cariotipe alterations were phenotypically identified and will be submitted to cytological analysis for the confirmation of ploidy level.

RESULTS AND DISCUSSION. Among the plants of the Pacovan and Pacovan Ken cultivars submitted to gamma (GY) radiation, it was observed that 43.16% and 68.35%, respectively, presented alterations. Plants irradiated presented alterations in the overall conformation, pseudostem, leaves and fruits (Table 1), as well as in the characteristics that appear to be related to ploidy alterations. The most frequent alterations are related to the overall conformation, as wanted, whereas 18 'Pacovan Ken' plants short in height and 12 with short internodes, were obtained. Another type of alteration quite frequent regarded the occurrence of alterations in the pseudostem coloration, with variations from green to red, and dark spots. In the leaves, alterations in the coloration from the petiole to the main nervure, deformations such as ripples, wrinkles, difficulty in the opening of the recently formed leaf and leaves with two lobes were observed. Some banana plants presented characteristics that indicate the occurrence of alteration in the

number of chromosomes, such as erected leaves (diploid characteristic) and one 'Pacovan' with very arched and thick leaves (indicating high ploidy level). These plants will be submitted to chromosomal analysis for the confirmation of ploidy level. The 'Pacovan Ken' bananas with reduced height will be micropropagated for the obtaintment of a larger number of plants which will then be used for the evaluation and selection of clones.

Table 1. Variation frequency observed in Pacovan and Pacovan Ken bananas irradiated with 20 Gy and 30 Gy, respectively

Observed characteristic	Pacovan	Pacovan Ken	Total
<i>Overall conformation</i>			
Internode shortning	10.07	11.39	21.46
Short height	2.88	7.59	10.47
<i>Leaf</i>			
Defective leaf limb	7.91	7.59	15.50
Red petiole margin and limb	0.72	6.96	7.68
Leaves in excess	4.32	2.53	6.85
Antocianine in excess	2.16	1.27	3.43
Large and short leaves	1.44	1.90	3.34
Thick leaves	2.88	-	2.88
Difficulty in opening of the first leaf	1.44	1.27	2.71
Petiole margin out	0.72	1.90	2.62
Irregular disposition of the leaves	1.44	1.27	2.54
Pink inferior leaf limb	-	2.53	2.53
Red stripes in the main nervure and in the back of the petiole		2.53	2.53
Chlorotic spots	0.72	-	0.72
Purple main nervure	-	0.63	0.63
Leaves with two lobes	-	0.63	0.63
<i>Pseudostem</i>			
Altered coloration	2.88	9.49	12.37
Dark spots	2.88	3.80	6.68
Detachment of the base of the leaves	1.44	1.27	2.71

CONCLUSION. Gamma radiation with the intensity of 20 Gy and 30Gy produced a great number of variations, including an expressive percentage of plants with reduced height.

REFERENCES

- DOMINGUES, E.T. et al. . Efeitos de doses de raios-gama em ápices caulinares de bananeira (*Musa* sp) desenvolvidos in vitro visando a indução de mutação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 1994. v. 29, n.7, p. 1091-109.
- PÉREZ PONCE, J.N. Mutagêneses in vitro. In: Pérez Ponce (ed.). *Propagación y mejora genética de plantas por biotecnología*. Santa Clara, Cu. Instituto de Biotecnología de las plantas, 1998. v. 1, p. 297-326.
- SILVA, S. de O.; SOUZA JR., M.T.; ALVES, E.J.; SILVEIRA, J.R.S.; LIMA, M.B. Banana breeding program at Embrapa. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, Londrina, v 1, n. 4, p.399-436. 2001.
- TULMANN NETO, A. et al. In vitro mutation induction for resistance to *Fusarium* wilt in the banana. In: *Induced mutations and molecular techniques for crop improvement*. International Atomic Energy Agency, Viena-Austria, 1995. p. 641-642.

³⁵Embrapa Cassava and Fruit Crop, Researchers-Biotechnology and Plant Genetic Breeding

³⁶AGRUFBA, Undergraduate student - Agronomy

**ESTUDIO Y EVALUACIÓN FENOLOGICA DE CUATRO
CLONES FHIA (Musa) BAJO CONDICIONES DE
BOSQUE SECO TROPICAL**

**STUDY AND PHENOLOGICAL EVALUATION OF FOUR
CLONES (MUSA) UNDER TROPICAL DRY FOREST
CONDITIONS**

José G. Surga¹ ; Sacramento Magaña²; Indhira Dorantes¹ ; Miguel Belloso¹ : Adalberto Delgado^{1*}

SUMMARY. This study was held in the Experimental Field of the National Center for Agricultural Research (INIA-CENIAP, altitude 450 m.a.s.l.) Tropical dry Forest) located in Maracay, Venezuela. Phenological records by means of morphometric changes were taken from four FHIA Clones (Musa) (Clones 01,03,17 and 23); for three harvest cycles. Experimental design was random blocks with four repetitions and 15 plant plots. Only three effective plants per plots were considered. Results Showed that clone FHIA 03 had the highest number of active leaves at flowering and this the highest leaf area. No statistically significant differences were found for plant height, although FHIA-03 had the highest values. Regarding the perimeter, at the second cycle, FHIA-03 had superior results, even though FHIA-23 had the higher values at the third cycle of harvest.

RESUMEN. El presente estudio tuvo lugar en el Campo Experimental del Centro Nacional de Investigaciones Agronómicas (CENIAP; altura 450 m.s.n.m. bosque seco tropical), ubicado Maracay, Venezuela. Se llevaron registros fenológicos mediante cambios morfométricos, a cuatro variedades FHIA (Musa), 01; 03; 17 y 23; durante tres ciclos de cosecha. El diseño experimental fue en bloques completamente al azar con cuatro repeticiones y parcelas de 15 plantas, de las cuales se tomaron tres efectivas. Los resultados indican que el clon FHIA 03 presentó el mayor número de hojas activas al momento de la floración y por ende la mayor área foliar. Para la variable altura de la planta no se encontraron diferencias estadísticas significativas, aunque la variedad FHIA-03 arrojó los valores más altos. Con relación a la variable perímetro, en el segundo ciclo, el FHIA-03 evidenció resultados superiores, aunque para el tercer ciclo el FHIA-23 presentó los mayores valores.

¹INIA-CENIAP–Zona Universitaria. Vía El Limón. Maracay. Venezuela. Aptdo.4653 E-mail: gsurga@hotmail.com

² Asesor Estadístico

CARACTERÍSTICAS REPRODUCTIVAS Y PRODUCTIVAS DE CLONES DE MUSÁCEAS RESISTENTES A *Mycosphaerella fijiensis* EN YARACUY, VENEZUELA.

PHENOLOGICAL AND PRODUCTION CHARACTERISTICS OF *Musa* resistant clones to *Mycosphaerella fijiensis* IN YARACUY, VENEZUELA

Giomar Blanco¹, Julitt Hernández¹, Alfonso Ordosgoiti², Gustavo Martínez², Alexis Pérez³ y Edward Manzanilla⁴

37

SUMMARY. Phenological and production characteristics of *Musa* resistant clones to black sigatoka, *Mycosphaerella fijiensis* were evaluated under randomized complete block design with three replications and three plants as experimental units. FHIA 01, FHIA 02 and Yangambi km5 materials were compared to 'Cambur Manzano' (highly susceptible). Days to flowering, days to harvesting, bunch weight, middle finger length and diameter from the second hand, and number of fingers per bunch were evaluated during three productive cycles. FHIA 02 and Yangambi km5 were the earliest materials to reach the flowering and harvesting stages in evaluated cycle. Despite FHIA 01 showed the highest values for bunch weight and middle finger length, it was the latest to reach harvesting stage. Yangambi km5 exhibited similar middle finger length to 'Cambur Manzano'; however, Yangambi km5 showed higher bunch weight. This material, Yangambi km5, represents a new alternative for plantain farmers in the area.

INTRODUCCIÓN. La sigatoka negra, causada por *Mycosphaerella fijiensis*, fue reportada por primera vez, en Venezuela, en 1991 en el estado Zulia, desde donde se extendió al resto del país, llegando a Yaracuy, en 1994, constituyéndose, desde el punto de vista tecnológico, un factor crítico relevante, que amerita investigación en los pequeños sistemas de producción de plátano y banano. Esta enfermedad ha causado grandes pérdidas en las plantaciones (disminuyendo su capacidad productiva), aumentos de los costos de producción, reducción de la superficie sembrada, aumento de la tasa de desempleo, sustitución por otros rubros y ventas de las unidades de producción; esto agravado por un deficiente manejo agronómico, uso de materiales susceptibles a la enfermedad y escasa o nula atención al sector. Se plantea como alternativa, convivir con dicha enfermedad mediante prácticas de manejo integrado del cultivo y el uso de clones resistentes a la sigatoka negra. En Venezuela, la siembra de musáceas se basa exclusivamente en plátano 'Hartón' y en el banano tipo 'Cavendish'. Sin embargo, se están evaluando el comportamiento de clones mejorados, como alternativa para los pequeños productores. Por ello, se evaluó las características reproductivas y productivas de los materiales resistentes a sigatoka (FHIA 01, FHIA 02 y Yangambi km5) en comparación con el 'Cambur Manzano', en Las Peñas del municipio Veroes del estado Yaracuy.

MATERIALES Y METODOS. Se sembraron cormos desinfectados de tres materiales resistentes a sigatoka negra: FHIA 01 (*Musa* AAAB), FHIA 02 (*Musa* AAAA) y el Yangambi km 5 (*Musa* AAA), y un material susceptible: 'Cambur Manzano' (*Musa* AAB) (testigo de la zona) a una distancia 2.9 m x 2.9 m, en una finca con suelos francos arenosos, bajos en potasio, materia orgánica y fósforo, pH 5.6, sin problemas de salinidad, pero con limitaciones de drenaje, en Las Peñas, municipio Veroes, estado Yaracuy con una precipitación anual promedio de 1.350 mm, temperatura promedio anual de 31.5°C y 80% de humedad relativa. La fertilización se realizó según la recomendación del análisis de suelo. El diseño experimental utilizado fue un bloque al azar con tres repeticiones y tres plantas como unidad experimental. Durante tres ciclos

productivos, se determinó: Días a floración y a cosecha (desde el momento de la siembra); y durante la cosecha, el largo del dedo central de la segunda mano (LD), perímetro del dedo central de la segunda mano (PC), peso del racimo (PR), largo del racimo (LR), perímetro del pedúnculo (PP) y número de dedos totales promedio por racimo (NDT). Los datos se analizaron a través del Programa Statistix for Windows, realizándose el análisis de varianza, y la prueba de media de Tukey con un $\alpha = 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. Durante los tres ciclos, el FHIA 02 y el Yangambi km5 fueron los más precoces en cuanto a floración, comparados con 'Cambur Manzano'. Por su parte, el FHIA 01, presentó mayor retraso en alcanzar la fase reproductiva, reflejado en la inexistencia de valores para los días a floración durante el tercer ciclo para este material, lo que coincide con lo señalado por Daniells 2002. De igual forma, durante la cosecha, el Yangambi km5 junto con el FHIA 02, se comportó como el más precoz, alcanzando esta fase en un tiempo más rápido que el reportado para el primer ciclo de este cultivar, en otros países como Brasil (da Silva *et al.*, 2002). Así mismo, durante el primer ciclo, el mayor PR y la mayor LD y PD lo obtuvo, como era de esperarse por sus características productivas, el FHIA 01 (21,1 kg/racimo, 19,6 y 14,2 cm, respectivamente) (Cuadro 1), coincidiendo con lo reportado por Sarga *et al.* 2000, pero inferior a lo reportado por Dadzie 1998 para este cultivar (30 a 40 kg). En términos generales, el Yangambi km5 se comportó en forma similar al 'Cambur Manzano', en cuanto al PD; sin embargo, presentó un PR mayor (Cuadro 1), durante los ciclos evaluados, comportándose, además, como un material estable y superando los registros obtenidos en otros países (17,79 kg) (da Silva *et al.*, 2002), presentando, además, un mayor NDT (hasta 238 dedos) superando el alcanzado por el FHIA 01 (156 dedos), durante el primer ciclo (Cuadro 1) y a lo reportado por da Silva *et al.* 2002 para este cultivar.

Características reproductivas y productivas en materiales resistentes a sigatoka negra comparados con el material susceptible 'Cambur Manzano' en tres ciclos productivos, en Yaracuy, Venezuela

Características	Ciclo I				Ciclo II				Ciclo III			
	FHIA 01	FHIA 02	Yangambi Km5	'Cambur Manzano'	FHIA 01	FHIA 02	Yangambi Km5	'Cambur Manzano'	FHIA 01	FHIA 02	Yangambi Km5	'Cambur Manzano'
Días a Floración (DFS)	284	295	233	294	407	281	288	298	417	421	501	501
Días a Cosecha	382	327	327	373	720	596	394	562	514	518	621	621
LD (cm)	19,6	16,4	12,9	12	16,3	13,9	13,7	17	14,8	13,4	13,4	13,4
PD (cm)	14,2	13,8	11,2	11	11,9	10,8	12	12,5	11	12,3	12,3	12,3
PR (kg)	21,1	15,5	14,6	11,7	14,4	17	10,3	16,8	24,5	9	9	9
PP (cm)	22,3	21,3	20,4	21,8	17,6	24,3	17	19,5	22	15,9	15,9	15,9
NDT	156	130	151	137	108	221	98	138	238	31	31	31

CONCLUSIÓN. La precocidad del Yangambi km5, junto con su peso promedio de racimo, número de dedos totales promedio por racimo, superior al testigo de la zona ('Cambur Manzano'), su estabilidad ante los cambios climáticos y la aceptación por parte de los productores lo constituyen en una alternativa para los productores de Musáceas del estado Yaracuy en Venezuela.

BIBLIOGRAFÍA

- Daniells, J. 2002. Banana Topics Newsletter No. 32. 3 p.
- Da Silva Junior, J.F.; R.J.M. de Moura; S de O. e Silva; J. Gouveia; V.F. dos Santos y A.R. Lopes Junior. 2002. En memorias XV Reunión Internacional Acorbat 2002. Sección Ecofisiología. pp: 441-445.
- Sarga Rivas, J.G., M. Warer, G. Laboren, E. Salazar, G. Martínez, M. Belloso, I. Dorantes, A. Delgado, L. Rangel, M. Espinoza, E. Manzanilla, R. Pargás, D. Torrealba y E. Díaz. 2001. <http://www.ceniap.fonaiap.gov.ve/bdignat/cogresos/jornadas/web/isurqa.html>

¹INIA CIAE Yaracuy-Venezuela. Investigador Proyecto Frutales.

²INIA CENIAP Maracay-Venezuela. Investigador Musáceas.

³INIA CIAE Yaracuy-Venezuela. Técnico Asociado a la Investigación Proyecto Frutales.

⁴INIA CENIAP Maracay-Venezuela. Técnico Asociado a la Investigación. Musáceas.

**EVALUACIÓN DE VARIEDADES FHIA (Musa), MEDIANTE UN
ÍNDICE DE VIGOR EN BOSQUE SECO TROPICAL**

**EVALUATION OF FHIA VARIETIES (MUSA) THROUGH A
VIGOR INDEX IN TROPICAL DRY FOREST**

José G. Surga¹; Sacramento Magaña²; Adalberto Delgado¹; Miguel Belloso¹.

SUMMARY. Based on quantitative variables such as yield and plant development, the vigor index was calculated for the FHIA Varieties (Musa): 01, 03, 17 and 23. Measurements are the result of observations during three harvest cycles, for each of the clones growing under low permeability franc soil. A Random block design was established with 4 repetitions and 15 plant plots; only three plants per plots were considered. Parametric and NON-Parametric methods were used, in order to compare among taxonomic levels under Tropical dry Forest Conditions. Variety FHIA-03 (AABB) had the higher vigor index, followed by FHIA-01 (AAAB); 17 (AAAA) and FHIA 23 (AAAA).

RESUMEN. Mediante variables cuantitativas de rendimiento y desarrollo de la planta se calculó el índice de vigor para las variedades FHIA (Musa): 01; 03; 17 y 23. Las mediciones son producto de observaciones realizadas durante tres ciclos de cosecha, en cada uno de los clones estudiados bajo condiciones de suelo franco con lenta permeabilidad. Se estableció un diseño experimental en bloques completamente al azar con 4 repeticiones y parcelas con 15 plantas, de las cuales se tomaron 3 efectivas. Se emplearon métodos estadísticos paramétricos y no paramétricos a objeto de realizar comparaciones entre niveles taxonómicos en condiciones de bosque seco tropical. La variedad FHIA-03 (AABB) arrojó el mejor índice de vigor, seguida por FHIA-01 (AAAB); 17 (AAAA) y por último FHIA 23 (AAAA).

¹INIA-CENIAP–Zona Universitaria. Vía El Limón. Maracay. Venezuela. Aptdo.4653 E-mail: gsurga@hotmail.com

²Asesor Estadístico

EVALUACION AGRONOMICA DE DOS CLONES DE TOPOCHO (Musa grupo ABB, subgrupo Bluggoe) EN LAS ISLAS CANARIAS

AGRONOMICAL EVALUATION OF TWO CLONES OF TOPOCHO (Musa ABB group, Bluggoe subgroup) IN THE CANARY ISLANDS

Cabrera Cabrera, J.¹, Galán Saúco V.¹ y M.A. Díaz Perez²

SUMMARY. Two Topocho (Bluggoe type) banana clones, Topocho Verde and the dwarf Topocho Enano, are compared for first cycle production in the Canary Islands. Both showed higher yields than those obtained for bluggoe types in same tropical places. The phenological cycles of both clones are similar. The bunch weight of Topocho Enano was slightly lower (22%) as its fingers are slenderer, but it has the advantage of growing to only half the size of Topocho Verde and appears promising for commercial production in the subtropical conditions of the Canary Islands.

INTRODUCCIÓN. Los plátanos de cocinar tipo Bluggoe ABB, son poco conocidos en los mercados europeos y en concreto el español. Sin embargo son muy apreciados por personas procedentes de otras regiones del mundo como Latinoamérica, África y países asiáticos, siendo cada vez mayor el incremento de este segmento de la población particularmente en España, pero también en el resto de Europa. Las Islas Canarias, primer productor de la Unión Europea de plátanos de postre, podría cubrir parte de esta demanda. Trabajos anteriores (Cabrera Cabrera, J. y V. Galán Saúco. 2000) han puesto de manifiesto la buena productividad obtenida con el Topocho Verde, aunque su elevada altura supone una importante limitación para su cultivo. En este ensayo un clon de "Topocho enano" es evaluado en campo en un primer ciclo con muy buenos resultados.

MATERIALES Y METODOS. Se tomaron ápices vegetativos de los clones Topocho Verde (TV) y Topocho Enano (TEh), así como ápices de la inflorescencia (parte masculina) del Topocho Enano (TEi) para su propagación "in vitro". El material vegetal fue endurecido en vivero hasta la emisión de 4 hojas con un ancho >10cm, llevándose al terreno el 20/10/2002. La plantación fue realizada al aire libre al sudoeste de la isla de Tenerife a una densidad de 2.000 plantas/ ha y un marco de 2,0 m x 5,0 m con dos plantas pareadas. Las plantas útiles disponibles evitando los bordes de los tratamientos y de la parcela fueron: 18 de Topocho Verde, 18 de Topocho Enano (TEi) procedente de inflorescencia y 36 Topocho Enano (TEh) procedente de hijos. Los principales parámetros estudiados fueron: Ritmo de emisión de hojas; nº total de hojas emitidas (mayor de 10 cm de ancho, H>10) hasta emergencia racimo; alturaseudotallo desde el nivel del suelo al punto de emergencia racimo; grosor delseudotallo a 1 m del nivel del suelo; longitud y anchura del limbo y longitud del peciolo de la hoja H III (tercera hoja antes de la bracteal); fecha de emergencia del racimo; nº de manos por racimo; fecha de recolección; peso del racimo; número de dedos, longitud y calibre del dedo característico de la segunda mano superior y segunda mano inferior. El corte de la fruta se efectuó con el grado máximo de llenado posible para intentar alcanzar la mejor categoría comercial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. Se detectan diferencias morfológicas (cuadro 1) y productivas (cuadro 3) entre el cultivar T. Verde y el T. Enano, independientemente de la fuente de material utilizado en la propagación de este último (hijos o inflorescencia). No se detectan diferencias fenológicas (cuadro 2) entre estos dos cultivares T. Verde y T. Enano. No se detectan diferencias atendiendo al sistema de propagación del Topocho Enano "in

vitro", bien a partir ápices vegetativos(TEh) o florales (TEi). (cuadros 1,2 y 3).

En ambos clones se obtienen unas buenas características productivas incluso superiores a algunos clones similares citados en el trópico (Borges F.1971; Acevedo, F.1986). La productividad en el caso del T. Enano podría probablemente incrementarse, pues el menor porte de este clon permite ensayar densidades mayores de plantación

Cuadro 1.- Características morfológicas

CLON	Altura seudotallo (cm)	Grosor seudotallo (cm)	Altura/ grosor	Hoja III Características			
				Peciolo Longitud cm	Limbo		
					Largo cm	Ancho cm	L/A
TV	361,8 a	60,8 a	6,0 a	67,3 a	220,8 a	74,7 a	3,0 a
TEi	177,9 b	59,3 a	3,0 b	30,4 b	137,7 b	72,3 ab	1,9 b
TEh	180,3 b	59,9 a	3,0 b	28,4 b	136,8 b	69,8 b	2,0 b

Las medias seguidas por la mismas letras no son significativas entre sí (p < 0.05). Test Tukey
TV= Topocho Verde, TEi: Topocho enano (hijos), TEh: Topocho enano (inflorescencia)

CONCLUSIÓN. El Topocho Enano evaluado, con la mitad de altura del T. Verde y un ciclo fenológico similar a este, se presenta con muy buenas posibilidades para su cultivo comercial en Canarias, pues a pesar de poseer un fruto y un racimo de menor peso (22%) consigue unos altos rendimientos por hectárea. El aumento de la demanda de este tipo de fruta en el mercado permite animar a su cultivo.

Cuadro 2.- Características fenológicas.

CLON	Hojas emitidas (>10 cm)		FE: Fecha	FR: Fecha	Intervalos fenológicos. Dias		
	20/10-26/06	Total	emergencia	recolección	FP*-FE	FE-FR	FP-FR
TV	24,5 a	31,3 a	26/08/03 a	05/02/04 a	310 a	168 a	473 a
TEi	24,8 a	30,4 a	17/08/03 a	03/02/04 a	301 a	175 a	471 a
TEh	24,3 a	31,0 a	23/08/03 a	12/02/04 a	307 a	178 a	480 a

Las medias seguidas por la mismas letras no son significativas entre sí (p < 0.05). Test Tukey
TV= Topocho Verde, TEi: Topocho enano (hijos), TEh: Topocho enano (inflorescencia)
(*) FP= Fecha de Plantación

Cuadro 3.- Características productivas

CLON	Racimo		2ª Mano superior		2ª Mano inferior		Rendto. Bruto kg/ha/año
	Nº manos	Peso (kg)	Nº dedos	Dedo característico Long.cm Ø mm	Nº dedos	Dedo característico Long.cm Ø (mm)	
TV	8,1 a	23,4 a	12,7 a	20,9 a 4,2 a	12,6 a	17,8 a 3,8 a	36000
TEi	7,8 a	18,4 b	12,7 a	19,0 b 3,9 b	12,7 a	15,3 b 3,6 b	28308
TEh	7,9 a	18,1 b	12,7 a	18,8 b 3,9 b	12,7 a	15,4 b 3,6 b	27846

Las medias seguidas por la mismas letras no son significativas entre sí (p <

BIBLIOGRAFIA

- Cabrera Cabrera, J. y V. Galán Saúco. 2000. Estudio preliminar sobre interés del plátano de cocinar Topocho verde (ABB) para Canarias. Infomusa vol.9 Nº1 24-25.
- Borges F.1971. Estudio comparativo de diferentes clones de plátanos y cambures. Agronomía Tropical 21(4): 265-275.
- Acevedo F. 1986. Comportamiento del clon Topocho Pelipita (Musa grupo ABB) en los llanos occidentales de Venezuela. Agronomía Trop. 36 (1-3): 21-36

¹Investigadores del ICIA.

¹Departamento de Fruticultura Tropical.

²Departamento de Ornamentales y Horticultura

ICIA. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias.

Apdo. 60. 38200 La Laguna. Tenerife. Islas Canarias. España.

EVALUACIÓN DE GERMOPLASMA MEJORADO DE PLATANO Y BANANO EN TABASCO, MÉXICO.

EVALUATION OF IMPROVED BANANA AND PLANTAIN GERMOPLASM IN TABASCO, MEXICO.

Ramírez, S.G.¹, P.F. de la Cruz, S.², A. Flores, R.¹ y J.C. Rodríguez, C.¹

SUMMARY. Yield, adaptability and black sigatoka tolerance of CV Rose, Yangambi km 5, Williams, Burro CEMSA, PV-0344, FHIA-01, FHIA-17, FHIA-20, FHIA-21 and FHIA-23 in Cunduacán and Centro sites of Tabasco, Mexico were evaluated. The FHIA hybrids had higher bunch weights and lower black sigatoka incidence, however a site effect was observed, Cunduacán had more favorable conditions than Centro for all genotypes.

INTRODUCCIÓN. En Tabasco, México, se cultivan más de 14 mil ha de los clones Gran Enano (subgrupo Cavendish), Macho (subgrupo Plantain) y Dátil (subgrupo Sucrier). Prevalce un clima cálido húmedo con una precipitación de hasta 3,600 mm anuales, temperaturas de 15 a 38 °C y humedad relativa mayor al 60%, condiciones que favorecen epidemias de sigatoka negra que causan pérdidas de hasta el 50% de la producción anual. Para su control en banano se requieren de hasta 45 aplicaciones de funguicidas con un costo de 700 US Dls., que no está al alcance de los productores de plátanos. Por tal motivo, el INIFAP en Tabasco introdujo y evaluó materiales mejorados para conocer su adaptabilidad, productividad y tolerancia a sigatoka negra bajo las condiciones de clima y manejo locales.

MATERIALES Y METODOS. Se obtuvieron del INIBAP los genotipos CV Rose, Yangambi km 5, Williams, Burro CEMSA, PV-0344, FHIA-01, FHIA-17, FHIA-20, FHIA-21 y FHIA-23, y se propagaron *in vitro* en el Campo Experimental Huimanguillo del INIFAP en medio de Murashige y Skoog subcultivándose cada 21 días. Se estableció una parcela de evaluación en Cunduacán y otra en Centro, Tabasco, en agosto de 2002 siguiendo la metodología del INIBAP (1).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. Se presentó mayor precocidad a la floración en bananos y plátanos en el sitio de Cunduacán, donde el Cv Rose floreció primero y el Yangambi km5 fue el último; en Centro el primero en florecer fue el FHIA-18 y por último el FHIA-23. En ambas localidades los plátanos tuvieron periodos muy similares al Macho local. La altura de los bananos fue mayor en Cunduacán que en Centro, mientras que en el segundo sitio los plátanos fueron ligeramente más altos: en los dos sitios los más altos fueron Yangambi km5 y los híbridos de banano de la FHIA, y los híbridos de plátano fueron similares al local Macho. Destacó entre los bananos el FHIA-18 con el menor Índice General de Enfermedad (IGE) en las dos localidades, y entre los plátanos el menor IGE lo registró FHIA-21; los IGE de todos los genotipos fueron menores en la parcela de evaluación de Centro (Cuadro1). En Centro todos los genotipos evaluados tuvieron ciclos más largos que en Cunduacán, sobresaliendo Yangambi km5 con 578 días. El peso de los racimos fue mayor en Cunduacán que en Centro; entre los bananos sobresalió FHIA-17 con el racimo más pesado en ambas localidades, y los híbridos de plátano de la FHIA produjeron racimos que superaron en 200% al Macho. Con excepción del banano Williams los IGE de todos los genotipos fueron mayores en Cunduacán que en Centro, destacando Yangambi km5 en Cunduacán con un IGE de cero, y el híbrido FHIA-20 con un Índice de 54.5% (Cuadro 2).

Todos los materiales mostraron mejor desempeño agronómico en Cunduacán que en Centro, posiblemente debido a que el suelo en este último sitio es más arcilloso y con un drenaje más deficiente que pudo afectar el desarrollo y el rendimiento de las plantas, a

pesar de que en Cunduacán fue mayor la incidencia de sigatoka negra. Este efecto de sitio confirma resultados obtenidos en otros países donde estos y otros genotipos mejorados tuvieron un comportamiento determinado por las condiciones agroclimáticas locales, pero en general fueron más productivos y resistentes a la sigatoka negra que las variedades comerciales (2).

Cuadro 1. Días a floración, altura de la planta e IGE a la floración de bananos y plátanos mejorados en Cunduacán y Centro, Tabasco, Méx. 2003.

Genotipo	Días a floración		Altura de la planta (m)		IGE (%)	
	Cun.	Cen.	Cun.	Cen.	Cun.	Cen.
Bananos						
FHIA-01	258	332	2.71	2.70	3.3	5.8
FHIA-17	318	387	3.43	3.22	4.3	13.8
FHIA-18	258	243	2.45	2.43	1.0	0.4
FHIA-23	337	388	3.38	3.32	2.6	8.4
Yangambi km5	411	**	3.64	**	13.5	**
Cv Rose	230	344	1.77	2.10	11.8	15.6
PV-0344	*	316	*	3.02	*	16.0
Burro CEMSA	257	329	2.93	3.14	17.1	13.8
Williams	267	333	1.82	1.90	19.3	40.5
Plátanos						
FHIA-20	281	359	3.29	3.31	6.3	10.3
FHIA-21	302	362	3.11	3.25	3.1	5.9
Macho	276	297	3.22	3.00	17.2	15.8

Cund = Cunduacán, Cen = Centro, * no se evaluó, ** dato perdido

Cuadro 2. Días a cosecha, peso del racimo e IGE a la cosecha de bananos y plátanos mejorados en Cunduacán y Centro, Tabasco, Méx. 2003.

Genotipo	Días a cosecha		Peso del racimo (kg)		IGE (%)	
	Cun.	Cen.	Cun.	Cen.	Cun.	Cen.
Bananos						
FHIA-01	351	**	33.82	**	20.8	**
FHIA-17	411	**	29.70	24.00	32.0	26.9
FHIA-18	367	400	23.80	15.77	12.6	5.9
FHIA-23	419	*	24.84	*	35.7	**
Yangambi km5	578	*	5.10	*	0.0	**
Cv Rose	354	411	2.51	2.10	49.3	36.1
PV-0344	*	389	*	8.30	*	61.5
Burro CEMSA	356	387	20.14	14.98	36.8	36.7
Williams	353	409	20.40	10.10	64.1	83.8
Plátanos						
FHIA-20	388	422	23.21	18.45	54.5	29.1
FHIA-21	398	411	19.03	20.15	31.1	21.4
Macho	353	369	10.37	8.10	57.1	53.7

Cund = Cunduacán, Cen = Centro, * no se evaluó, ** dato perdido

CONCLUSIONES. Se observó un efecto de suelo y clima sobre el comportamiento fenológico y reacción a la sigatoka negra de los genotipos introducidos. Por su desempeño agronómico, potencial productivo y su tolerancia a esta enfermedad, destacan los híbridos de bananos y plátanos de la FHIA como alternativas para sustituir a las variedades locales susceptibles a la sigatoka negra.

BIBLIOGRAFÍA

- Carlier, J., D. De Waele, y J. V. Escalant. 2002. Guías Técnicas INIBAP No. 6. INIBAP. Montpellier, Francia.
- Orjeda, G. (ed). 2000. Evaluating bananas: a global partnership INIBAP. Montpellier, France.

¹ Investigadores del INIFAP-Huimanguillo, Tabasco. Méx.
e-mail: ramirez.gerardo@inifap.org.mx

² Pasante Ing. Agr. Univ. Juárez Autónoma de Tabasco, Méx

PARÁMETROS DE CALIDAD EN FRUTOS DE VARIEDADES FHIA (*Musa*) BAJO CONDICIONES DEL EDO. ARAGUA, VENEZUELA

Piña, G.¹, G. Laborem¹, J. Sarga¹, S. Magaña², A. Delgado³ y M. Belloso³

SUMMARY. In order to evaluate the adaptability and banana fruit quality from Black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) tolerant plants under Maracay, Aragua state, Venezuela (10°13' LN and 67°10' LW) conditions, an experimental plot of the FHIA varieties 01, 02, 03, 17 and 23 was established at the National Center for Agricultural Research (INIA-CENIAP). Results showed that fruit curvature index only had differences at physiological maturity, with FHIA 03 and FHIA 17 having the highest values. Furthermore, the greatest fullness index was for FHIA 03 which means a smaller shelf life, in accordance with the harvest index used. Finally, the high starch concentration in the fruits at physiological maturity was related to low water availability during the year, mainly from flowering to harvest.

INTRODUCCIÓN. Las Musaceas comestibles, son el primer rubro frutícola en Venezuela. Es un cultivo versátil que puede ser consumido en forma fresca o cocida, por lo que puede entrar de diversas formas a la dieta del individuo, aportando nutrimentos esenciales en cantidades importantes como carbohidratos y minerales como el potasio, además de fibra, cuyos efectos benéficos cada día toman mayor importancia (Laborem et al., 2003). A partir de la entrada de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) al país, los productores de este cultivo se han visto en la necesidad de aplicar diferentes combinaciones de productos químicos, con el interés de frenar en lo posible, los agresivos daños que ocasiona este hongo en el cultivo, que puede llegar hasta la pérdida total de la plantación. Una alternativa en el manejo de la problemática causada por esta enfermedad, es el uso de híbridos mejorados de bananos y plátanos hacia la resistencia natural a la Sigatoka Negra; con especial énfasis a la salvaguarda de los pequeños y medianos agricultores, con fines de consumo local y para exportación (Sauvé y Edwarson, 2002). La existencia de frutos de nuevos híbridos y variedades potencialmente comerciales, tolerantes a problemas fitosanitarios ameritan entonces una adaptación del sistema postcosecha utilizado para 'Cavendish' (Self, 2003), pero que solo puede ser desarrollado previa determinación de la adaptación y comportamiento fisiológico de los frutos a diferentes factores precosecha característicos de la zona productora. El presente trabajo tiene por finalidad la caracterización y determinación de índices de calidad para frutos de las variedades FHIA 01, 02, 03, 17 y 23, en madurez fisiológica y de consumo, bajo condiciones agroecológicas del Edo. Aragua, Venezuela.

MATERIALES Y METODOS. Se evaluaron por tres años consecutivos frutos de FHIA 01, 02, 03, 17 y 23 provenientes de una parcela experimental ubicada en el CENIAP, en un suelo Fluventic Haplustolls a 445 msnm. Se tomaron dos dedos medios de la segunda mano, dos de la mano media del segundo tercio y dos de la penúltima mano del racimo. A la mitad de la muestra se les realizó los análisis correspondientes a la madurez fisiológica y la otra mitad fue conservada en condiciones ambientales (26°C ± 2 y 60-65% HR) hasta alcanzar la madurez de consumo, cuando fueron analizados. Se les determinaron variables físico-químicas. La evaluación de los parámetros de calidad se realizó de acuerdo a la metodología sugerida por el International Network for the Improvement of Banana and Plantain (INIBAP) (Dadzie and Orchard, 1996) a excepción del contenido de almidón (McCready et al., 1959). Se reportaron las precipitaciones para el ciclo de

cultivo haciendo énfasis en la época de floración a cosecha y se relacionó con parámetros de calidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. FHIA 03 fue quien presentó el mayor índice de plenitud de cosecha (P=0.0001)(Cuadro 1), lo cual indica frutos mas llenos con un menor potencial de comercialización a largas distancias y se corrobora con el registro de un menor tiempo de maduración en condiciones ambientales (< 8 días). El índice de curvatura solo presentó diferencias (P=0.0001) en madurez fisiológica y correspondió a FHIA 03 con el mayor valor (25.83) seguido del resto de las variedades. En madurez organoléptica no hubo diferencias estadísticas (P=0.17) (Cuadro 1). Sin embargo, cuando se observan los diferentes bananos se nota que tanto FHIA 17 como 23 son los más curvos. Dicha diferencia se debe a que en el caso de FHIA 03 la diferencia entre LE y LI es mayor debido al mayor llenado externo del fruto, propio de un banano de cocción o topocho, mientras que en 17 y 23 la diferencia es menor.

Cuadro 1. Valores de índices de plenitud y curvatura para las variedades estudiadas.

Variedad	Índice de plenitud	Índice de curvatura*	
	Madurez Fisiológica	Madurez fisiológica	Madurez organoléptica
FHIA 01	8.77 b**	21.56 b	20.02 a
FHIA 02	9.41 b	19.90 b	20.76 a
FHIA 03	12.37 a	25.83 a	23.90 a
FHIA 17	9.72 b	22.00 b	22.61 a
FHIA 23	8.91 b	19.35 b	22.04 a
DSH	1.07	3.42	4.76
CV	8.94	12.89	17.83

*(LE-LI)/LI x 100

**Letras diferentes indican diferencias estadísticas (Tukey, α=0.05)

Sin embargo estos resultados pueden estar relacionados con un efecto de concentración y no de síntesis, dado que la cantidad de azúcares en madurez de consumo no es mayor para este año como podría esperarse, tendiendo a ser mínimamente menores que en los años más húmedos, coincidiendo nuevamente con los resultados de los ensayos conducidos en la zona cafetalera de Colombia. Otra explicación probable, puede ser que la poca suplencia de agua pudo haber causado deficiencias en el cultivo de potasio retardando la polimerización de los azúcares solubles en almidón y de igual forma la conversión de la glucosa y fructosa en sacarosa y por tanto la migración de estos azúcares hasta el racimo (Martin-Prevel, 1979)

CONCLUSION. El FHIA 03 es la variedad que posee menor potencial de comercialización a largas distancias debido a su temprana maduración por lo que debe afinarse su índice de cosecha y evaluar técnicas de conservación para incrementar su vida útil. FHIA 03 posee el mayor índice de curvatura por presentar una longitud interna casi en línea recta y un llenado externo propio de los topocho, sin embargo en el momento del llenado FHIA 17 y 23 tienden a ser más curvos y FHIA 01 y 02 menos curvos. Los cultivos evaluados no escapan de los altos requerimientos de humedad propios de las musáceas comestibles por lo que debe garantizarse la suplencia de humedad y nutrientes para alcanzar frutos de alta calidad organoléptica.

BIBLIOGRAFIA

- Arcila, P., G. Giraldo, F. Celis y J. Duarte. 2003. MusaDoc. INIBAP. Francia.
- Laborem, G., L. Rangel y M. Espinoza. 2003. FONAIAP. 61:36-38.
- Martin-Prevel, P. 1979. Institut de recherches sur les fruits et agrumes. Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos. Santa Cruz de Tenerife.
- McCready, R. M., J. Guggolz, V. Silviera, and H. S. Owens. 1959. Analytical Chemistry 22:1156-1158.
- Sauvé, E., and W. Edwarson. 2002. MusaDoc. INIBAP. Francia
- Sauvé y Edwarson.
- Self, G. 2003. MusaDoc. INIBAP. France.

¹Investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícola (INIA). Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP).

²Proyecto Transferencia Agrícola (PTA). Asesor Estadístico.

³Técnicos Asociados a la Investigación INIA-CENIAP.

INIA-CENIAP. Av. Casanova Godoy, Recinto Universitario. Edif. 8 Maracay, Edo. Aragua. Apartado Postal 2101 Telf. 00 (58) 243-240-29 02.



TELEDETECCIÓN
TELEDETECTION

ESTIMACIÓN DEL AREA FOLIAR DE BANANO EMPLEANDO IMÁGENES DE BAJA ALTITUD

LEAF AREA ESTIMATION IN BANANA USING AERIAL IMAGES

Castañeda Dario³⁸, Oberthur Thomas³⁹, Bolaños Sandra³⁹, Mejía Camilo³⁸.

SUMMARY. A precise method for leaf area determination in bananas was developed from linear measurements. Strong correlation existed between leaf area obtained through the images and conventional methods.

INTRODUCCIÓN. Las fotografías aéreas se han utilizado en el monitoreo de las condiciones de los cultivos a través de las fases de crecimiento, del estado fitosanitario, en el monitoreo de prácticas agrícolas, en el mapeo y predicción de la producción, mapeo de características del suelo entre otros usos. No obstante lo anterior debe aclararse que la mayoría de estos estudios han sido llevados a cabo principalmente en gramíneas, y son pocos los usos en sistemas tropicales (Tucker 1979, Colwell, 1956).

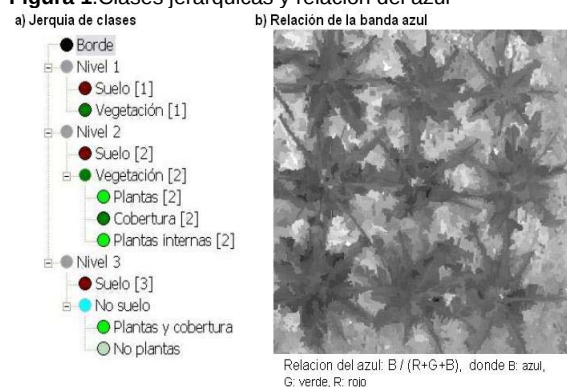
El objetivo del trabajo consistió en el seguimiento del crecimiento de las plantas de banano en un lote experimental empleando fotografías aéreas y comparando estos resultados con sistemas de estimación convencional.

MATERIALES Y METODOS. El método, utilizó un equipo de adquisición de imágenes para la captura de escenas, con una resolución de 2048 por 1536 píxeles, a una altura entre 60 y 70 m, de cada una de cuatro parcelas. Las imágenes se georeferenciaron de acuerdo con un sistema local de coordenadas adoptado.

La extracción de la información, se basó en el análisis de imágenes orientado a objetos. El procedimiento consistió en la segmentación total de la imagen en regiones u objetos y la clasificación de estos en clases, empleando el método patentado de segmentación multiresolución, y clasificación usado por eCognition[®].

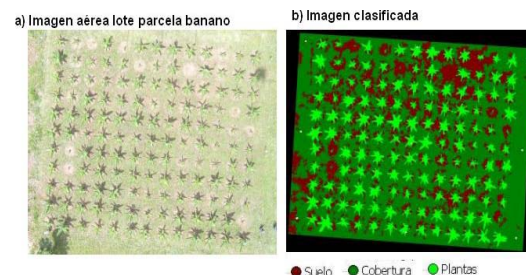
RESULTADOS Y DISCUSIÓN. En la figura 1 se muestra las categorías, por nivel de segmentación y jerarquías empleadas para la agrupación de objetos.

Figura 1. Clases jerárquicas y relación del azul



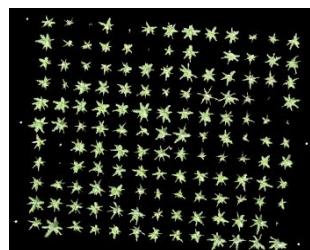
En la figura 2 a y b, se muestra una de las imágenes de la parcela y esta misma clasificada

Figura 2. Clasificación imagen aérea



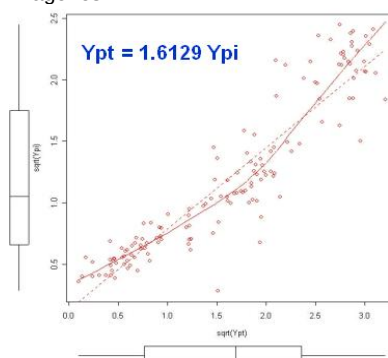
La imagen clasificada puede emplearse como **máscara** para aislar en la original cualquiera de los tipos de cobertura según el interés, conservando las características espectrales y de forma de la imagen original. De esta imagen se extraen las características de forma y se usan para estimar el área, la cual se regresa contra el área obtenida convencionalmente.

Figura 3. Plantas de banano aisladas



En la figura 4 se muestra el modelo que permite estimar con una confiabilidad del 95 % el área foliar de las plantas de banano a partir de las imágenes aéreas en cada una de las fases de crecimiento.

Figura 4. Modelo para la obtención del área foliar obtenida por imágenes.



Ypt: área foliar real, Ypi: Área polígonos imágenes

CONCLUSIONES. Se cuenta con un modelo que permite evaluar el área foliar real a través de imágenes durante el crecimiento de las plantas de banano.

AGRADECIMIENTOS. A Colciencias-Sena por el apoyo financiero para la realización del presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Tucker, C.J. 1979. Red and photographic infrared linear combinations for forming vegetation. Remote Sens. Environ. 8:127-150.
- Collwell, R.M. 1956. Determining de prevalence of certain cereal crop diseases by means of aerial photography. Hilgardia 26:223-286.

³⁸ Línea A.P. CENIBANANO, AUGURA, Colombia
dacastanedas@softhome.net

³⁹ Programa Uso de la Tierra, CIAT, Colombia
t.oberthur@cqi.org



POSTCOSECHA
POSTHARVEST

SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA EL EFLUENTE DEL CURADO DE CORONAS DE BANANO EN URABÁ-COLOMBIA.

SISTEM FOR WASTEWATER OF TANNED PROCES CROWN TREATMENT IN THE BANANA PRODUCCIÓN FROM URABÁ-COLOMBIA.

Mauricio Valencia Hernández¹ Luis Fernando Patiño² Luis Heraclio Bermúdez³

SUMARY: Crow rot is the most important post-harvest disease of bananas. Commercial control with fungicides causes contamination of superficial water sources. By means of a adsorption filter built with clays and charcoal activated was obtained a fungicide removal between 80-100%.

INTRODUCCIÓN: La pudrición de la corona es uno de los factores más significativos en la calidad de la fruta de comercialización, esta enfermedad es provocada por hongos como *Cephalosporium* sp., *Verticillium theobromae*, *Fusarium moniliforme* entre otros. Para prevenir esta afección se realiza el Curado de Coronas como protección previa al empaque de la fruta, en este proceso se generan aguas residuales contaminadas con fungicidas de categoría toxicológica II y III que son poco solubles en agua, bioacumulables, difíciles de biodegradar y transmisibles a través de la cadena alimenticia, las concentraciones se utilizan entre 400 y 800 ppm, las cuales dependen de la distancia a los mercados y del período de almacenamiento antes de su consumo.

Esta investigación pretendió determinar la capacidad y eficiencia de un sistema de filtración-adsorción para remoción de la carga contaminante de pesticidas empleados en la prevención de pudrición de las coronas, acorde con la legislación ambiental vigente, ya que los fungicidas sobrantes están siendo vertidos a fuentes superficiales de agua generando graves problemas de contaminación e impacto ambiental; se buscó el período de cambio de materiales de filtración, estimar el costo de operación del sistema en pesos por unidad de volumen (\$/Litro), elaborar el manual de operación y mantenimiento del sistema que incluya, la seguridad industrial, salud ocupacional y el manejo y disposición final del lecho filtrante saturado, lo cual se constituye en apoyo para la certificación en normas ambientales como EUREP – GAP.

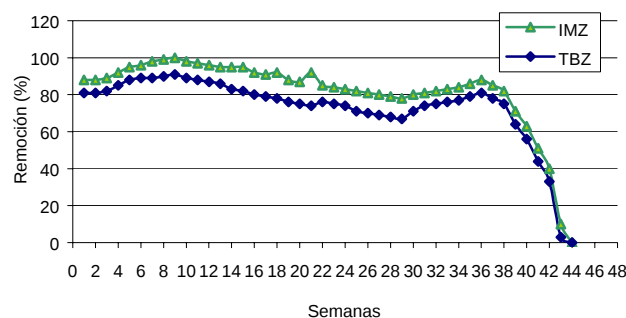
MATERIALES Y METODOS: Se seleccionaron 4 fincas por su pronta adquisición de materiales y construcción del diseño recomendado garantizando un monitoreo y acompañamiento continuos, se recomendaron diseños para cada finca, como cámaras de sedimentación, unidades de entrada y salida, compartimientos de filtración, adsorción y oxidación con arcilla cocida, arena torpeda, gravilla, carbón activado y carbón vegetal, verificando las condiciones y orden de instalación de los mismos, estos materiales presentan características similares a las reportadas por la literatura, buena capacidad y energía de adsorción las cuales fueron evaluadas experimentalmente mediante la Isoterma de Lagmuir (Lopera, 1995).

Se realizaron monitoreos semanales el día en actividad de embarque, se usaron frascos borosilicados ambar tratados con xilan (Guía de Recolección de Muestras), a las muestras se realizaron análisis físico - químicos: Dureza, Alcalinidad, pH, DBO, DQO, Hierro y SST, según el "Stándar Methods for the Examination of Water and Wastewater", además las determinaciones de Imazalil y Tiabendazol mediante titulación complexométrica y espectrofotometría digital respectivamente, tanto en afluente como en efluente de los filtros.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN: Se obtuvieron eficiencias de remoción entre 67 y 91% para Tiabendazol y entre 78 y 100% para Imazalil a lo largo de 36 semanas de evaluación, las tendencias de remoción se pueden observar en las figuras 1, donde encontramos la remoción máxima en la semana 8 con un 91% de remoción para Tiabendazol y un 100% para Imazalil y un mínimo de remoción de 67% y 78% respectivamente alrededor de la semana 29, observándose una ligera recuperación hasta la semana 36 para finalmente comenzar su declive total alcanzando la saturación del filtro en la semana 44 donde convergen las curvas con un tiempo de 11 meses de funcionamiento del sistema de tratamiento.

La evaluación de la remoción del filtro cuando la aplicación de los contaminantes se hace de forma discontinua debe hacerse teniendo en cuenta el "TRH" (Tiempo de Retención Hidráulica), es así como la remoción para el Tiabendazol es similar a la del Imazalil al hacer correlación entre las curvas de entrada y salida del filtro teniendo en cuenta el "TRH" puesto que este fungicida no es aplicado con continuidad, sino esporádicamente dependiendo del tipo de embarque.

Figura 1: Variación de la remoción de Imazalil y Tiabendazol en el tiempo para un filtro de adsorción de fungicidas.



CONCLUSIÓN: El sistema de tratamiento es eficiente con remociones altas y largos periodos de funcionamiento (10 meses con materiales filtrantes nuevos) y apropiado para la implementación en el sistema productivo bananero, además es el tratamiento mas económico comparado con otros de iguales porcentajes de remoción y el tipo de contaminantes a remover; Su mantenimiento es sencillo y no requiere de herramientas o materiales complicados, además los materiales filtrantes son de fácil consecución en la zona de Urabá; además cumple con la legislación ambiental vigente Colombiana con remociones mayores del 80% para Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

BIBLIOGRAFÍA.

1. LOPERA, M. 1995. Adsorción de Malatión y Thiodan por cuatro materiales. Universidad de Antioquia. Medellín. Pag 16 – 60.
2. GONZÁLEZ, J., SIERRA, G. 2002. Guía abreviada para la recolección de muestras para análisis de residuos de pesticidas órgano clorados y órgano fosforados. Centro de investigaciones ambientales. Universidad de Antioquia. Medellín. p 10.
3. "Stándar Methods for the Examination of Water and Wastewater", APHA, AWWA, WEF, 19th Edición, 1995.

¹Ing. Sanitario, Inv. en Ambiente CENIBANANO - AUGURA

² Director CENIBANANO - AUGURA

³ Experto Manejo de Aguas BANATURA Conv. AUGURA - SENA

EFFECTO DE LAS BAJAS TEMPERATURAS EN LA CALIDAD POSTCOSECHA DE FRUTOS DE PLÁTANO (*MUSA SAPIENTUM*) FHIA-01¹

LOW TEMPERATURES STORAGE AND POSTHARVEST QUALITY OF FHIA-01 BANANA FRUIT

Gutiérrez, M. P.¹¹ y Ávila P. R. C.²

SUMARY. The hybrid banana fruit FHIA-01 disease resistance of black Sigatoka. Its fruit quality and postharvest performance were evaluated low temperatures storage. The studies examined, green life, fruit respiration, responses to exogenous ethylene, fruit ripening characteristics, and shelf life after ripening market. The results showed that FHIA-01 harvested at ¾ full stage (36–39 mm grades) had adequate green life. Ripening at 15 °C with high relative humidity levels (>96% RH). 11 AND 13 °C resulted in chilling injury. applying 10 ppm ethylene (trickle), gave fruit of the best appearance and colour. Judged by fruit appearance, There was a low incidence of ripe fruit rots in FHIA-01.

INTRODUCCION. El Plátano es uno de los cultivos más importantes en la costa oeste del Pacífico de México (Michoacán, Colima, Jalisco y Nayarit). Sin embargo, desde 1989, la producción se ha visto afectada por la presencia de la enfermedad denominada Sigatoka negra. En la actualidad los métodos de control utilizados son cultural, químico y genético. El control genético se realiza mediante la utilización de genotipos tolerantes a la enfermedad de Sigatoka negra como los híbridos FHIA-01 y FHIA-21,. Sin embargo, antes de su manejo a escala comercial, es necesario conocer la fisiología y tecnología Postcosecha de estos frutos con el fin de obtener productos de alta calidad con potencial de exportación. Estudiar el efecto de las bajas temperaturas en la calidad postcosecha de frutos de plátano FHIA-01.

MATERIALES Y METODOS. Frutos de Plátano FHIA-01 en etapa de madurez fisiológica, fueron cosechados del Campo experimental del INIFAP de Santiago Ixcuintla, Nayarit y separados en manos, eliminando aquellas con defectos físicos y patológicos, lavándolos y aplicándoles funguicida (Tecto 60, 500 mg/lit por 1 min) por inmersión, separandolos posteriormente en cuatro grupos: T₁= Frutos control (Almacenamiento a 20°C), T₂= 11 °C, T₃=13 °C y T₄=15 °C, con una humedad relativa de 80 a 85%. Una vez introducidos los frutos a las cámaras de refrigeración, se evaluaron a intervalos regulares los cambios en color externo, textura, acidez, pH, SST, Pérdida fisiológica de Peso, Pérdida de electrolitos, producción de CO₂ y etileno.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. Los plátanos almacenados a 15 y a 20 °C, alcanzaron el color amarillo a los 12 días, aun cuando el proceso de degradación de los plátanos a temperatura ambiente fue más rápido. Plátanos a 11 y 13 °C, no presentaron cambios de color verde durante su almacenamiento. Durante su traslado a temperatura ambiente, los que adquirieron mejor color fueron los almacenados a 15°C. Los cambios en textura mas pronunciados fueron en aquellos frutos almacenados a 20 y 15 °C, A temperatura ambiente los frutos de 15°C pierden rápidamente su consistencia. En relación a la acidez y a los SST, aumentan paulatinamente a medida que la temperatura aumenta. De manera inversa el pH, desciende en forma gradual a 15 y 20°C. La perdida fisiológica de peso, fue mayor a 20°C, solo a periodos prolongados de almacenamiento se observo que a 11°C se presentan altas perdidas de peso.

2 UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE NAYARIT . PROCESOS AGROINDUSTRIALES. TEPIC, NAY.

Los patrones respiratorios que se obtuvieron a las diferentes temperaturas indicaron que se presenta el climaterio más rápido a medida que la temperatura es mas alta. Sin embargo las temperaturas de 11 y 13 °C, mostraron altas tasas respiratorias, al trasladarlas a temperatura ambiente, al parecer debido a la presencia de daño por frío. La producción mas alta de etileno se presentó a 20°C, a temperaturas de refrigeración a 11 °C se presenta la tasa mas alta de producción de etileno por encima de 15 y 13 °C.

CONCLUSIÓN. Se puede concluir que la temperatura de almacenamiento que logra obtener frutos de calidad aceptable fue a 15 °C hasta por 14 días, siendo recomendable un almacenamiento de 7 días a 15°C mas 6 días a temperatura ambiente. Los frutos a 11 y 13 °C, presentaron algunas alteraciones durante su proceso de maduración, disminuyendo su calidad postcosecha.

BIBLIOGRAFÍA

1.-Orozco, R. J., Ramírez, S. Y Vázquez, V. V. 1998. Comportamiento del banano FHI-01 y plátano FHIA-21 en México. pp. 112-121. Primer Simposium Internacional sobre Sigatoka negra. Manzanillo, Colima. México.

2.- Robinson, J. 1996. Bananas and Plantains. CAB-INTERNATIONAL pp 238. USA.

EFFECTOS DE TRATAMIENTOS POSTCOSECHA SOBRE LA PROLONGACIÓN DE LA MADURACIÓN DEL BABY BANANO. (MUSA ACCUMINATA).

POSTHARVEST TREATMENTS EFFECT OVER THE RIPENING DELAYED OF BABY BANANA (MUSA ACCUMINATA) .

Castro , B. M.¹ y L.P. Restrepo².

SUMMARY. Short treatments were applied over baby banana one week after harvesting. The physiology and biochemistry of ripening and the chemical sensorial analyses showed significant responses .Baby banana exposed to 48 hrs to atmospheres of increased carbon dioxide and reduce oxygen got a delayed ripening of about 19 days after harvesting, without a change on the chemical and sensorial characteristics.

INTRODUCCION. El baby banano es una fruta clasificada como artículo de comercio y ocupa un lugar importante en las exportaciones de países como Costa Rica, Kenya, Ecuador y Colombia. Las exportaciones se realizan vía aérea y uno de los objetivos del presente estudio es aportar una alternativa tecnológica para el envío por vía marítima y así disminuir los costos de exportación. A través de tratamientos cortos inmediatamente después de la cosecha se logra influenciar la maduración de las frutas subtropicales. Anaerobiosis causa la activación de la respiración anaeróbica, incrementándose las cantidades de acetaldehído endógeno (AA) el cual es convertido a etanol por la enzima alcoholdehidrogenasa. (Kelly y Salvetti,1988) Estos compuestos son los componentes naturales en muchas frutas y a han mostrado ser capaces de retardar la senescencia e inhiben la producción de etileno en plantas y frutos.(Pesis E CASTRO,1996) Estudios de almacenamiento poscosecha del baby banano se han realizado en la Universidad Nacional de Colombia donde se caracterizó al banano bocadillo como fruto climatérico, cuyo máximo respiratorio concuerda con la acumulación de ácidos carboxílicos, el inicio de la acumulación de azúcares y la mejor calidad sensorial (Bustos y Coy, 1995). Determinar el tratamiento corto poscosecha adecuado sin alterar las características fisicoquímicas y sensoriales para exportar el baby banano y prolongar la maduración 21 días son unos de los resultados encontrados en la presente investigación.

MATERIALES Y MÉTODOS. El fruto proviene de la Hacienda Palestina, un cultivo tecnificado localizado en Melgar, Tolima entre 1000 a 2000 m.s.m. con temperaturas entre 16 °C y 30 °C, precipitación entre 1.800 y 2.800 mm. con suelos de acidez neutra ricos en cenizas volcánicas y topografía quebrada. Se recogen 3.5 a 4 kilos de los frutos en las bodegas de la hacienda, localizadas en Bogotá, en estado 4, mitad verde y mitad amarillo. Se toman como unidad experimental 10 bananos con 4 repeticiones en un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 4 x 5. Los factores serán tiempo de exposición del tratamiento de choque de CO₂ 0,12,24,48,72 horas, con semanas de almacenamiento, las cuales serán 0, la primera semana después de la exposición del tratamiento, segunda y cuarta. Los frutos se distribuyen en empaques de polietileno de baja densidad y calibre dos, completándose 10 frutos en cada bolsa. En cada bolsa se insufla la mezcla de gases del tratamiento de choque. Las bolsas permanecen selladas durante los diferentes tiempos establecidos, a excepción del control que no tiene ningún empaque de sellamiento. Posteriormente se abren y se almacenan a temperatura ambiente (18 ° C) en el laboratorio de Frutas Tropicales de la Universidad Nacional de Colombia-Dep. de Química. Durante el almacenamiento se determina la actividad respiratoria utilizando la técnica de Cromatografía de gases y el método del Estándar Externo para su cuantificación. Tanto en la pulpa como en la corteza se determinó parámetros fisicoquímicos: acidez, grados brix, dureza, peso y pH.

¹ Pontificia Universidad Javeriana. Profesor Investigador en Química y Bioquímica de Alimentos.

²Universidad Nacional de Colombia. Profesor Asistente Investigador en Química.

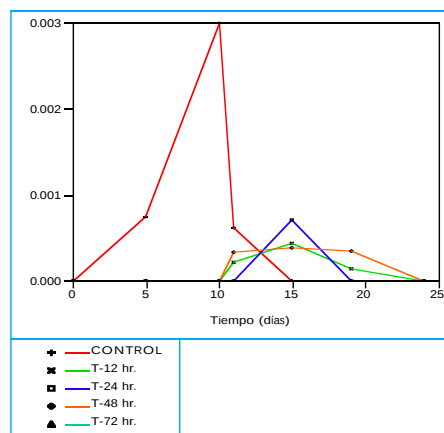
El análisis sensorial se realiza con el fin de determinar si las frutas tratadas presentan una diferencia significativa organolépticamente con relación al control y a su vez observar las respuestas de los frutos en los diferentes tratamientos. Los resultados obtenidos son tratados estadísticamente utilizando estadística paramétrica, para los resultados fisicoquímicos y no paramétrica para los resultados sensoriales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. Los bananos que no recibieron ningún tratamiento muestran un comportamiento típico de fruto climatérico con un máximo en la respiración a los 10 días de almacenamiento a condiciones de Bogotá (18 °C y 73 %H.R). En la exposición de 48 horas de choque se produce un máximo climatérico a los 29 días, con excelentes características sensoriales y fisicoquímicas analizadas, prolongándose la vida útil 19 días.(Gráfica 1).

A 24 horas de exposición el CO₂ inhibe la acción activadora del etileno sobre las enzimas de la maduración produciendo una alteración total del metabolismo del fruto.

Y la intensidad respiratoria de los bananos pretratados 72 horas no reportan presencia de etileno ni de CO₂, produciéndose un metabolismo anormal durante las semanas de almacenamiento, y una acumulación de azúcares mayor que muestra la alteración del proceso de maduración organoléptico. La mezcla de gases usado en el ensayo preliminar 12%CO₂, 8% O₂, 80%N₂ a todos los tiempos de exposición, altera la bioquímica de la respiración y la formación de etileno produciendo un daño en el metabolismo del fruto.

**ENSAYO II (15%CO₂, 2%O₂, 83% N₂)
ETILENO VS. TIEMPO
(%) VS. días**



GRAFICA 1. Producción de etileno de los baby bananos expuestos a tratamiento de choque durante el tiempo de maduración. Intensidad respiratoria vs. Tiempo gCO₂/kg.min.días

CONCLUSIONES. El tiempo de exposición de la mezcla de gases de 15%CO₂, 2% O₂, 83%N₂ afecta la bioquímica de la maduración alterando la tasa respiratoria e inhibiendo la síntesis de etileno. Es así como los frutos pretratados durante 48 horas produce un máximo climatérico a los 29 días, con excelentes características sensoriales y una variación retardada, pero normal de los parámetros fisicoquímicos.

BIBLIOGRAFIA.

1. KELLY M., SALVETI M. 1988. Plant.Pysiol., 88: 143-147 .
2. PESIS,E.CASTRO1996. Programme&Aabstract Sudáfrica. No.60 Pg.34 .
3. BUSTOS., COY.,1996 Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia . Departamento de Química y Farmacia.
- CASTRO M. 2001.Efectos de tratamientos poscosecha sobre la actividad de la clorofilasa en el banano bocadillo (*musa accuminata*).Tesis de Maestría. Departamento de Química y Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia.

TECNOLOGIAS PARA EL SECADO DE PLATANO ROATAN Y DISMINUIR O EVITAR EL USO DE BISULFITOS

TECNOLOGIES TO AVOID SODIUM BISULFITE IN DRYING BANANA

Julio Sánchez Ramírez¹, Sadoth Sandoval Torres², Lilia Méndez Lagunas³ y Juan Rodríguez Ramírez⁴.

SUMMARY. In this work banana cv. roatán was used. Slices of banana were dried in a tunnel dryer and convective stove equipment. Banana were sliced (0.5 cm in thickness) and dipped in natural polymers, citric acid, lactic acid, sodium bisulfite for different times. Samples were dried to temperature-time profile (10-60°C) and continuous conditions. The product quality refers to de color change (ΔE parameter) of the products. Asignificative effect ($p < 0.05$) of citric acid and lactic acid was obtained for ΔE . The color change and drying time were reduced with temperature-time profile.

INTRODUCCION. El secado involucra la transferencia de calor y masa. La mayoría de los esfuerzos se enfocan para incrementar el coeficiente difusivo, dado que la resistencia que ofrecen los alimentos al movimiento del agua en su interior, es muy grande; en ocasiones los tiempos de proceso se prolongan, lo que trae consigo mayor tratamiento térmico y por ende se afecta la apariencia del producto. Así mismo en frutas las reacciones de oscurecimiento enzimático y no enzimático afectan la calidad durante el secado. En plátano para evitar el oscurecimiento se han utilizado los sulfitos, cloro, ácido ascórbico, ácido cítrico, 4-hexilresorcinol, miel y sus combinaciones (Demir *et al.*, 2000); sin embargo, para algunos casos las concentraciones necesarias son muy altas y en otros representan un costo elevado y en lo que se refiere a los bisulfitos su uso es restringido.

En este trabajo se estudiaron tres aspectos importantes: el estado de madurez del plátano, el pretratamiento y condiciones variables de secado, para obtener un producto deshidratado con buena apariencia, libre de bisulfito o con una concentración muy baja.

MATERIALES Y METODOS. Se utilizó plátano (*Mussa cavendishii* cv. roatán) adquirido en un mercado local de la ciudad de Oaxaca, México. Se estudiaron algunos cambios fisicoquímicos (AOAC, 1984)⁴⁰ y el oscurecimiento en el secado durante el proceso de maduración a 16°C. Se evaluó el efecto de biopolímeros (gel de sábila y mucílago de nopal) como recubrimientos para inhibir el oscurecimiento. También se estudiaron pretratamientos con ácido cítrico, ácido láctico y bisulfito de sodio; para ello se empleó un diseño factorial 2³. Los valores del nivel alto y bajo para el ácido cítrico y láctico fueron de 0.5% y 1%; de 100 ppm y 200 ppm para el bisulfito de sodio. Se realizaron cuatro repeticiones. La variable respuesta fue la diferencia total de color (ΔE). En todos los casos se emplearon rebanadas de 0.5 cm de grosor.

El secado en condiciones variables de 10°-60°C, se realizó como sigue. Las rebanadas de plátano se comenzaron a secar a una temperatura del aire de 10°C durante 60 minutos, luego se implementó un periodo ascendente de temperatura en ciclos con una amplitud de 7.5°C cuando se incrementaba la temperatura y de 5°C cuando se enfriaba el aire. Estos ciclos se aplicaron hasta que la muestra alcanzaba un contenido de humedad de 1.6 g agua/gss; esto fue al llegar a una temperatura de 30°C o 32.5°C. Finalmente el proceso se terminó hasta que la muestra alcanzó 2-3 g agua/gss, en condiciones constantes a 60°C. Fue utilizado un túnel de secado con sensores de temperatura, humedad relativa, una balanza Ohaus Navigator y un sistema de adquisición de datos en tiempo real.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. Durante el proceso de maduración del plátano roatán se presentaron siete etapas. En la última se presentó menor oscurecimiento, por lo que en los experimentos se utilizó fruta en este estado de maduración. Con valores de 6-9 en el parámetro a^* del color de la cáscara, 18-24 ^aBx, relación pulpa/cáscara 2-3 e índice de madurez de 45-70. En el cuadro 1 se presentan los resultados más sobresalientes de todo el esfuerzo realizado para obtener un producto deshidratado de buena calidad.

Cuadro 1. Pretratamientos, condiciones de secado y diferencia total de color del plátano deshidratado respecto al fruto fresco.

Pretratamiento	Condiciones de secado	ΔE^1
Gel de sábila, concentración (p/v) 1:3, durante 5 minutos.	Constantes a 60°C, estufa convectiva marca Linberg.	8.91
Agua destilada, durante 5 minutos.	Constantes a 60°C, estufa convectiva.	22.32
Gel de nopal (0.02 Pa s), 1% de ac. cítrico.	Constantes a 60°C, estufa convectiva.	11.81
Gel de nopal (0.02 Pa s), 0.75% ac. cítrico, durante 5 minutos e impregnación al vacío (19 inHg).	Constantes a 60°C, estufa convectiva.	19.3
1% ac. cítrico, 0.5 % ac. láctico y 200 ppm de bisulfito de sodio; durante 5 min.	Constantes a 60°C, estufa convectiva.	8.82
1% ac. cítrico durante 15 min.	Variables 10-60°C, en túnel de secado convectivo a 2 m/s.	5.76
Sin pretratamiento	Variables 10-60°C, en túnel a 2 m/s.	16.17
1% de ac. cítrico durante 15 min.	Constantes a 35°C, en túnel a 2 m/s.	11.38
Sin pretratamiento	Constantes a 35°C, en túnel a 2 m/s.	18.58

¹Diferencia total de color en unidades CIELAB.

Con el empleo de los biopolímeros se retuvieron más sólidos solubles durante el pretratamiento, se mejoró el sabor del producto deshidratado, la apariencia fue más uniforme, la luminosidad fue mayor respecto a los pretratamientos en soluciones acuosas. Con la impregnación al vacío se logró evitar el oscurecimiento en el centro de la rebanada.

Mediante el análisis de varianza se obtuvo un efecto significativo ($p < 0.05$) del ácido cítrico, en la diferencia total de color; así como la interacción del ácido cítrico y ácido láctico.

El secado en condiciones variables (10-60°C) con pretratamiento, provocó una reducción de 46% del oscurecimiento, respecto al secado en condiciones constantes a 35°C. En las cinéticas de secado se presentaron varios periodos, consiguiendo mecanismos diferentes de transferencia de masa y calor respecto a un proceso en condiciones constantes. Con ello se obtuvieron velocidades constantes de secado, mayor rapidez, humedades de equilibrio más bajas, menor tiempo de secado y menor ΔE del plátano deshidratado. Estos resultados coinciden con lo reportado por Chua *et al.* (2000),

CONCLUSIONES. Para obtener plátano roatán deshidratado con buena apariencia, mejor sabor y color aceptable; menor tiempo de secado, un proceso eficaz de secado y evitar el uso de productos químicos, es necesario considerar el estado de madurez, el pretratamiento y las condiciones de secado.

BIBLIOGRAFIA

1. N. Demir, M.O. Balaban, and F. Erdogdu, 2000. Institute of Food Technologists Annual Meeting, Dallas, TX, June 10-14. 2000.
2. AOAC, 1984. 14 th edition, Association of Official Analytical Chemists, Inc.
3. Chua K.J., Mujumdar A.S., Chou S.K., Hawlader M.N.A. y Ho J.C., 2000. Drying Tech., 18(4-5), 907-936.

^{1,2}CIIDIR-IPN, Unidad Oaxaca. Profesor de asignatura "A".

^{2,3}CIIDIR-IPN, Unidad Oaxaca. Profesor titular "C".

CIIDIR-IPN, Unidad Oaxaca. Hornos 1003. Sta. Cruz Xoxocotlán. Oaxaca. México. C.P. 71230.

ESTUDIO DE LA EXPRESION DIFERENCIAL DE GENES INVOLUCRADOS EN LA MADURACION DEL BANANO (*Musa spp. cv. Gran Enano*)

Manrique-Trujillo, S.M.¹, Gómez-Lim M.A.²

SUMMARY: The banana is a cultivated crop, economically very important with a short shelf life which limits commercialization. Post harvest technologies that work well in other fruits, extending post harvest life, have not been successful in banana. In part, this is due to an imperfect knowledge of the physiological, biochemical and molecular processes that occur during fruit ripening. To date several genes involved in fruit ripening have been studied but there are still a number of them, coding for enzymes controlling the process, still to be discovered. The aim of the present work is to contribute to a better understanding of the process of fruit ripening in banana by studying genes differentially regulated during the process. A better knowledge of the processes occurring during banana fruit ripening and the genes behind them, will eventually allow the development of new technologies and strategies to control and improve the quality of banana fruit and increase its shelf life.

INTRODUCCION: El banano (*Musa spp.*) es un fruto climatérico de gran importancia a nivel mundial que presenta una fuerte problemática a nivel de comercialización debido a su alta actividad metabólica post cosecha, que conlleva a un corto período de vida de anaquel. Esto, ha dificultado su transporte y comercio puesto que, hasta el momento, la madurez de los bananos solo ha podido ser controlada en un estrecho rango de tiempo (Medina-Suarez et al, 1997; Pua et al 2001; Pua and Lee, 2003). A la fecha, los estudios fisiológicos y bioquímicos realizados no han logrado resolver satisfactoriamente la problemática en la post cosecha (Marriott, 1980). Asimismo, a nivel molecular, si bien se han logrado aislar algunos genes relacionados con la maduración y se han realizado algunos trabajos sobre la expresión de los mismos (Clendennen and May, 1997; Clendennen et al., 1998; Domínguez-Puigjaner et al, 1997; Pua et al 2000; Gooding et al, 2001), éstos han sido insuficientes puesto que solo han logrado determinar un reducido número de genes que codifican para enzimas involucradas en el proceso de maduración, faltando aun por determinar los genes de una amplia gama de enzimas que también participan en este proceso. Además, los estudios a nivel molecular que se han reportado se han enfocado solo en los primeros estadios de maduración, siendo muy necesario un estudio mas completo que incluya estadios posteriores de la maduración.

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo consiste en identificar y caracterizar transcritos de expresión diferencial en los estadios de maduración PCI-5 y PCI-7. Los resultados que se muestran a continuación son producto de los estudios preliminares que se vienen realizando con este propósito.

MATERIALES Y METODOS: La identificación de los transcritos de expresión diferencial en fruto maduro de *Musa spp. cv. Gran Enano* se está lleva a cabo por medio de la técnica de despliegue diferencial y la construcción de una biblioteca sustractiva de cDNA.

El material vegetal empleado para ambas metodologías consiste en frutos de *Musa spp. cv. Gran Enano* colectados entre los 90 a 100 días después de la antesis, los cuales fueron madurados artificialmente con la aplicación de etileno exógeno, y se tomaron muestras de frutos de los 7 estadios de maduración (PCI-1 al PCI-7).

Con la técnica de despliegue diferencial se vienen analizando los estadios PCI-1, PCI-5 y PCI-7; y además se ha construido una biblioteca sustractiva para el estadio de maduración PCI-5.

RESULTADOS Y DISCUSION: Con respecto a las pruebas de despliegue diferencial realizadas, se han logrado identificar 256 bandas de expresión diferencial con tamaños entre 700 y 100 pb. y un tamaño promedio de 190 pb. Dentro de las bandas identificadas, la mayor parte de ellas se expresan en los estadios PCI-5 y PCI-7 y son diferenciales con respecto al estadio PCI-1. Sin embargo también se ha encontrado un menor número de bandas que se expresan solo en el estadio PCI-7, así como otras que se expresan solo en los estadios PCI-1 y PCI-5.

La recuperación de las bandas diferenciales se ha logrado en un 85% y la clonación de las mismas en un 100%.

En lo referente a la biblioteca sustractiva de cDNA del estadio PCI-5, se han obtenido un total de 250 clonas positivas, con tamaños entre las 450 y 100 pb. Es probable que muchas de estas bandas correspondan a genes involucrados en diversos procesos de la maduración del fruto. La secuenciación de estos transcritos está en proceso así como estudios de expresión más detallados para confirmar su naturaleza diferencial. Igualmente, la secuenciación de todas las clonas de la biblioteca sustractiva está en proceso.

CONCLUSIONES: La hipótesis de que algunas enzimas estarían interviniendo únicamente en los últimos estadios de maduración se ve reafirmada con base en los resultados preliminares obtenidos consistentes en las mas de 250 bandas de expresión diferencial detectadas en los estadios de maduración PCI-5 y PCI-7 con respecto al estadio PCI-1 y otras que corresponden tan sólo al estadio de maduración PCI-7 con respecto al PCI-1.

REFERENCIAS

1. Clendennen SK, López-Gómez R, Gómez Lim MA, May GD, Arntzen, C.J. (1998). *Phytochemistry*; 47: 613-619.
2. Clendennen SK, May GD. (1997). *Plant Physiol*; 115:463-469.
3. Domínguez-Puigjaner E, Llop I, Vendrell M, Prat S. (1997). *Plant Physiol*; 114:1071-1076.
4. Gooding PS, Bird C, and Robinson SP (2001). *Planta*; 213: 748-757.
5. Marriott, J. (1980). *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 13: 41-88.
6. Medina-Suarez R, Manning K, Fletcher J, Aled J, Bird CR, Seymour GB. (1997). *Plant Physiol*; 115:453-461.
7. Pua EC, Lee YC. (2003). *Gene*; 305: 133-140.
8. Pua EC, Lim SSW, Liu P, Liu JZ. (2000). *Aust J. Plant Physiol*; 27:1151-1159.

Pua EC, Ong ChK, Liu P, JZ. (2001). *Physiol Plant*; 113:92-99.

¹ Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN. Irapuato – México. Estudiante de Doctorado. e.m: smanrig@ira.cinvestav.mx

² Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN. Irapuato – México. Investigador Principal. e.m: mgomez@ira.cinvestav.mx

THE EFFECT OF XTEND® BAGS ON EXTENDED SHELF LIFE AND SUGAR CONTENT IN "CAVENDISH" BANANA FRUIT

Yolanta Saks¹, Alexander Semanenco¹, Assaf Shachnai¹, Nataly Vinokour² and Eli Khayat².

ABSTRACT

During the climacteric and post-climacteric stages in banana fruit a massive conversion of starch to reducing sugars occurs concomitantly with a sharp rise in respiration. Glucose and fructose arising from the breakdown of starch either enter the glycolytic cycle or are converted to sucrose. Suppression of respiration leads to higher sugar content, longer shelf life and an overall improvement in the quality of the fruit. Various gas components surrounding the fruit play a major role in the regulation of the rate of fruit ripening.

Xtend® bags were specially designed to create optimal conditions of modified atmosphere (MA) with an elevated CO₂ level, which prolongs bananas' storage life and improves fruit quality during transit from the producer to the final consumer. The shelf life of the fruit is significantly prolonged when the fruit is packed in Xtend® bags after the "ripening treatment" (exposure to ethylene), when the climacteric stage commences.

In this study we investigated the effects of the Xtend® bags on the carbohydrate metabolism in the banana fruit pulp, along with changes in the fruit's evolved volatile compounds profile.

Glucose, fructose and sucrose reached a higher level in the bagged fruit despite a delay in the hydrolysis of starch. After 6 days of storage at 20°C, in the Xtend® packed fruit the increase was 12, 18, and 34 percent, respectively, for fructose, total reducing sugars (glucose and fructose combined) and sucrose, when compared to non-bagged fruit.

GC-MS was used to measure volatiles in the headspace of bagged and non-bagged fruit. Despite the significant difference in the carbohydrate profile between the bagged and non-bagged fruit, only small differences in the volatile components profile were detected. The significance of these differences on the fruit aroma is currently being investigated.

Overall, it can be concluded that in addition to the longer shelf life, the higher levels of free sugars in the pulp tissue of fruit bagged in Xtend® can be considered as an added value.



SUBPRODUCTOS DE MUSÁCEAS
SUBPRODUCTS OF MUSACEOUS

VALORACIÓN DE LAS PROPIEDADES CICATRIZANTES DE LA CÁSCARA DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca*).

VALUATION OF CICATRIZANTS PROPERTIES OF BANANA SHELL (*Musa paradisiaca*).

Canales-Aguirre A.A.¹, Gómez-Pinedo U.², Padilla-Camberos E.³, Salado-Ponce J.H.⁴.

SUMMARY. The banana shell has therapeutics properties that have not been operated absolutely, even though these properties are registered within the traditional medicine. In order to evaluate the cicatrizing properties of banana shell were used, shell's plaster and endoderm's plaster, as soon as a control group without treatment and a control group with commercial healing, evaluated through an experimental design with Wistar rats. On the basis of the results it is possible to say, that the treatments with shell's plaster and endoderm's plaster, have potential for accelerate the cicatrization process.

INTRODUCCIÓN. Las plantas medicinales y sus productos derivados, han sido milenariamente utilizados en la medicina tradicional y ahora son cada vez más valiosas como materia prima en la industria farmacéutica. Se estima que el mercado mundial de fármacos de origen vegetal es de aproximadamente 35 mil millones de dólares anuales (1). El doble papel que juegan hoy las plantas medicinales, tanto como fuente de salud como de ingresos económicos, contribuye de una manera importante al proceso del desarrollo. Las propiedades medicinales de la cáscara de plátano no han sido explotadas del todo, aun cuando dichas propiedades están registradas dentro de la medicina tradicional. En México el cultivo de plátano genera una cantidad de biomasa que tiene la ventaja de ser susceptible de recogerse junto con la fruta en el momento de la cosecha (2). El objetivo del presente estudio se enfocó en validar y evaluar la propiedad cicatrizante de la cáscara de plátano, la cual pudiera ser útil como fuente de materia prima natural para la preparación de formulaciones con propiedades curativas.

MATERIAL Y METODOS. Para el estudio se decidió utilizar dos diferentes tratamientos a base de material de plátano: emplasto a base de cáscara de plátano y emplasto a base de endodermo de cáscara de plátano y dos controles, un tratamiento comercial así como con un control negativo. Para elaborar los tratamientos se seleccionaron cáscaras y se maceraron con agua desionizada en una proporción 10/4 p/v. En los bioensayos se utilizaron ratas Wistar, machos, de aproximadamente 8 semanas de edad y un peso de entre 200 y 300 gr. A todos los animales se les practico una herida dorso lumbar en piel y tejido celular cutáneo, de 2 centímetros de longitud y aplicación del tratamiento diariamente durante 21 días. Se realizaron 4 valoraciones macroscópicas de las heridas tomando en cuenta los criterios: tipo de granulación, presencia o ausencia de edema, costra hemática y % de cicatrización. Al final del tratamiento se realizó un estudio histológico con hematoxilina y eosina, para visualizar los diferentes tipos celulares que componen la piel y tricrómica de Masson, la cual permite visualizar fibras de colágena y elastina; esto para evaluar e identificar componentes propios de los estadios regenerativos cutáneos.

RESULTADOS. De acuerdo a los datos obtenidos en la valoración macroscópica, el tipo de granulación de los grupos experimentales fue normal, lo que representa un proceso de cicatrización sin problemas; solo el grupo control intacto presentó granulación durante las cuatro evaluaciones, mientras que los grupos restantes esta desapareció en la cuarta valoración. Lo que nos indica un proceso de cicatrización más acelerado; en cuanto a presencia de

edema ésta no se presento en ninguno de los grupos experimentales en ninguna de las cuatro valoraciones no así para el parámetro presencia de costra hemática, en donde se observó que esta desapareció en la segunda valoración en los grupos Cicatrizante comercial y Cáscara de plátano. En el grupo tratado con el emplasto de endodermo la costra ya no se observó en la cuarta valoración y en el grupo control intacto esta se observó en las cuatro valoraciones. En cuanto a la valoración semanal visual macroscópica del proceso de cicatrización, dicho proceso se dio de una forma más acelerada en los tres grupos con tratamiento en comparación con el grupo control intacto, un 15% mas de aceleración del proceso de regeneración de la herida en promedio. En la evaluación histológica a los 21 días post-lesión, encontramos, en los animales pertenecientes al grupo control negativo, un estadio joven regenerativo, observándose una ruptura total de la dermis y epidermis y el comienzo de la formación de los componentes basales, pero sin una organización estructural funcional, se observaron fibroblastos y fibras de colágena y elastina. En los animales pertenecientes al grupo emplasto de cáscara, presentan un estadio regenerativo en proceso avanzado con la formación de un puente de células epiteliales pertenecientes a estrato germinativo de la epidermis, observándose una ruptura parcial de la dermis y la hipodermis, y el comienzo de la formación de los componentes basales, se evidenció un excesivo número de fibroblastos y de fibras de colágena y elastina. En el grupo de endodermo, se encontró un estadio regenerativo en proceso avanzado con la formación de un puente bien definido de células epiteliales pertenecientes al estrato de la epidermis, observándose una mínima ruptura de la dermis y la hipodermis y la conformación de componentes normales de la dermis, glándulas sudoríparas, corpúsculos de Pacini y el comienzo de la formación de los componentes basales. Se observó un excesivo número de fibroblastos y de fibras de colágena y elastina. El grupo control positivo se observó un estadio regenerativo en proceso, con una ruptura parcial de la dermis y la epidermis, y el comienzo de la formación de los componentes basales, se evidenció un excesivo número de fibroblastos y de fibras de colágena y elastina. Se ha descrito que la presencia de fibroblastos en la zona de lesión dérmica es un marcador de procesos regenerativos, ya que estos promueven la formación de fibras de colágeno y componentes de matriz extracelular, por lo que también serán tomados como promotores de la regeneración dérmica (3).

CONCLUSIONES. De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir que el tratamiento con emplasto obtenido a partir de la maceración de cáscara de plátano y endodermo de cáscara de plátano, tienen potencial para estimular una aceleración del proceso de cicatrización en comparación con el grupo control negativo. Lo cual demuestra que dicho material puede ser útil como fuente de materia prima para la preparación de formulaciones con propiedades cicatrizantes.

BIBLIOGRAFIA

1. Varea, A. (1997). ILDIS. Proyecto. FTFP-FAO, Ed. Abya.Yala. Quito.
2. Ffoulkes D., y cols. (1978). Prod Anim Trop 31:41-46
3. Domínguez SA. y cols. (2001). Rev Cub Plant Bed. 1:16-8.

¹CIATEJ-DIPABIA. Investigador Asociado A

²CIATEJ-DIPABIA. Investigador Titular A

³CIATEJ-DIPABIA. Técnico Titular C

⁴CIATEJ-DIPABIA. Jefe de División

Av. Normalistas #800

Guadalajara Jal. Mex.

FIBRAS NATURALES A PARTIR DE LOS RESIDUOS NO APROVECHADOS EN LA PLANTA DE PLÁTANO

NATURAL FIBERS STARTING FROM RESIDUALS NOT BEEN USED IN THE PLANT OF PLANTAIN

Gañan, P.⁴¹, Zuluaga, R., Villa, C.², Hincapié, D.²¹ Resrepo, A.¹, Yepes, J.²

SUMMARY. This project includes the physical and chemical characterizations of fibers coming from pseudostems of plantain, extracted by mechanical processes. With the results will present possible use textiles and handmade, in particular in thick fabrics, rigid and with body, that will allow to the San Jorge's women community in Uraba Antioquia, Colombia to have an additional entrance to which generates the market of the plantain.

INTRODUCCIÓN. El cultivo de plátano genera cerca de 2.798.400 toneladas métricas al año de residuos sólidos vegetales, compuestas principalmente por raquis, pseudotallos y hojas. Como una alternativa para estos subproductos, se encuentra el aprovechamiento de las fibras provenientes del pseudotallo, esto se ha convertido en una opción de empleo para las esposas de plataneros de la comunal San Jorge y Puerto Cesar del municipio de Turbo ubicadas en el Uraba Antioqueño. Estas comunidades exportan los productos de sus parcelas con C.I BANACOL S.A y son apoyadas por la fundación CORBANACOL.

En la fase de investigación y desarrollo tecnológico de este proyecto; se realizó el estudio de los métodos de extracción biológica y mecánica para la obtención de la fibra y su posterior caracterización físico química, teniendo en cuenta estudios previos realizados sobre fibras de banano en Colombia (Zuluaga et al, 2003) y en Costa Rica (Blanco M.L, 1996), y luego darles una aplicación empresarial ya sea textil, papelería o artesanal.

MATERIALES Y MÉTODOS. Las fibras fueron extraídas mecánicamente por las mujeres de la Fundación Manos de Uraba, provenientes de los pseudotallos de plátano de sus parcelas y luego enviadas al Grupo de Nuevos Materiales de la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín, para su estudio. En el análisis químico se empleó el método de Van Soest con el que se determinó la cantidad de celulosa, hemicelulosa, lignina, pectinas, ceras y otros componentes. En cuanto al análisis morfológico se utilizó un microscopio electrónico de barrido SEM marca Jeol JSM 5910 y debido a las características no conductoras de las fibras, estas fueron previamente recubiertas con oro en una cámara Denton Vacuum. El microscopio óptico donde se observaron los cortes transversales corresponde a un equipo marca Nikon Eclipse 400.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. La máquina empleada para la extracción de las fibras (figura 1a) permite realizar tres operaciones críticas dentro del proceso, como son: la compresión para eliminar la mayor cantidad de agua posible, el cortado y posterior desfibrado de las secciones; sin embargo esta máquina requiere ajustes para su funcionamiento óptimo. La validación de este proceso se realizó con el apoyo del grupo de mujeres de la organización Manos de Uraba (figura 1b).



Fig. 1 a) Prototipo máquina, b) Grupo de mujeres comunal San Jorge

La composición química de las fibras se resume en la tabla 1.

Tabla 1. Principales componentes fibras de plátano

COMPOSICIÓN	%
CELULOSA	61.1
LIGNINA	15.7
HEMICELULOSA	12.9
PECTINAS CERAS Y OTROS COMPONENTES	10.3

En la figura 2a se observan las paredes exteriores de las fibras encargadas de unir las secciones internas, sin variaciones importantes en la estructura original, es decir que las operaciones de raspado involucradas no causaron daños significativos, además se ven residuos de sustancias pecticas no retiradas durante el proceso de separación. En la figura 2b la sección transversal presenta una disposición no definida de las fibras elementales y un lumen el cual es circular o elíptico en algunos casos.

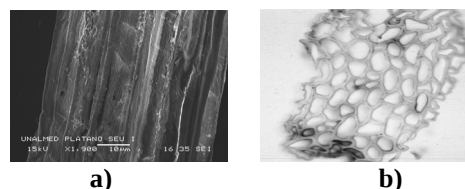


Fig. 2 a) Fibra pseudotallo plátano SEM, b) Sección transversal vista a 100 aumentos

De acuerdo con esta información las fibras de plátano, al igual que las demás fibras naturales de origen vegetal, son esencialmente materiales lignocelulósicos, en las cuáles la celulosa es el componente mayoritario. A partir de esta información se avanzó hacia la valoración del teñido de esta fibra con colorantes comerciales y se obtuvieron buenos resultados en cuanto a tonos y solidez especialmente en los colorantes de tipo reactivo y tina.

CONCLUSIONES. Las fibras naturales debido a sus importantes ventajas a nivel técnico, económico y medio ambiental, se consolidan como una fuerte opción en el mercado. Gracias a su renovabilidad, reciclabilidad y biodegradabilidad, posibilitan un desarrollo sostenible para las comunidades implicadas en su aprovechamiento.

Las fibras de plátano tienen un importante nivel de celulosa y unas características físicas adecuadas que posibilitan su utilización en productos textiles, orientados a la decoración; también son apropiadas para el desarrollo de aplicaciones funcionales como son productos para el campo de la construcción, mobiliario y autopartes.

BIBLIOGRAFÍA

1. Zuluaga R., Ríos A.. Extracción Biológica de fibras de raquis de banano: Variedades Valery y Gran Enano. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín (Colombia). 2003. 149 p.
2. Blanco, M.L. Beneficio y pulpeo de Raquis de banano (Musa Grupo AAA, "Giant Cavendish") Piracicaba, 1996. 150 p. Tesis de Maestría, Escuela superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Universidad de Sao Paulo.
3. Doraiswamy I., Chellamani P. Textile Progress. 24 (1993),1-36.

⁴¹ Universidad pontificia bolivariana (upb). Grupo de investigación en nuevos materiales (ginuma), medellín colombia.



TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA
TECHNOLOGY TRANSFERENCE

PROGRAMA ESTRATEGICO DE INVESTIGACION Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA PARA LA CADENA AGROALIMENTARIA DE BANANO Y PLATANO EN MEXICO

STRATEGIC PROGRAM OF RESEARCH AND TRANSFERENCE OF TECHNOLOGY FOR THE AGRO-ALIMENTARY CHAIN OF BANANA AND PLANTAIN IN MEXICO

Carrasco, L. L. R.^{4,2}; V. Gómez V.²; J. M. Ramírez A.³ y N. Peña C.⁴

SUMMARY. The Strategic Program of Research and Transference of Technology for the Agro-alimentary Chain of Banana and Plantain in Mexico is been from a process of participative planning. In this communication the experience is described and the agreements established around the main areas of R & D for the promotion of the competitiveness of this important sector of Mexican agriculture are reported.

INTRODUCCION. En la República Mexicana, las Fundaciones Produce son los organismos encargados de ejecutar el Programa de Transferencia de Tecnología en el marco de la Alianza para el Campo. En esa tarea, la principal problemática que afrontan consiste en que la generación, validación y transferencia de tecnología responde más a la oferta de las instituciones científicas y tecnológicas que a la demanda de los productores y los mercados.

Para hacer frente a esa situación y contribuir al desarrollo de la competitividad de la agricultura mexicana, la Coordinadora Nacional de Fundaciones PRODUCE, A. C. y la SAGARPA emprendieron la iniciativa de dotar de un Programa Estratégico de Investigación y Transferencia de Tecnología a las principales cadenas agroalimentarias y agroindustriales del país.

A la Fundación Produce Tabasco, A. C. le correspondió dirigir los trabajos relativos a la cadena productiva de banano y plátano, con el apoyo de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesca (SEDAFOP) del Gobierno del Estado de Tabasco y del Centro Regional Universitario de Sureste (CRUSE) de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), como organismo responsable de coordinar el proceso.

En esta ponencia se expone una síntesis del proceso de trabajo realizado y los resultados alcanzados.

MATERIALES Y METODOS. Se utilizó la metodología del International Service for National Agricultural Research (ISNAR), consistente en un proceso de diagnóstico y planeación participativa que incluyó a agricultores, comercializadores, agentes gubernamentales, investigadores y técnicos vinculados al sector bananero-platanero nacional.

Las técnicas de análisis FODA, Árbol de Problemas y Árbol de Objetivos fueron aplicadas a lo largo del proceso de trabajo que comprendió la caracterización de la cadena agroalimentaria, el estudio de la trayectoria y prospectiva del mercado bananero-platanero nacional e internacional, la trayectoria y prospectiva de la innovación tecnológica, y como síntesis de todas ellas la definición de las áreas estratégicas de investigación y desarrollo.

El Foro Nacional Bananero celebrado los días 5 y 6 de Marzo de 2003 en la Cd. de Villahermosa, Tabasco, significó un momento culminante del proceso. En él, los actores más representativos de la Cadena Agroalimentaria aportaron conocimientos e ideas, que fueron analizadas y consensuadas para dar sustento al Programa Estratégico de Investigación y Transferencia de Tecnología.

RESULTADOS Y DISCUSION. Con base a las demandas tecnológicas generadas en el Foro Nacional Bananero, el diagnóstico de la situación de la cadena agroalimentaria y del quehacer científico-técnico en torno a ella, se acordaron las siguientes líneas estratégicas como las prioritarias para impulsar su desarrollo:

AREAS	PROYECTOS ESTRATEGICOS
Ambiental	• Zonificación agroecológica de regiones bananeras y plataneras ♦ Evaluación, prevención y remediación de los impactos ambientales de la actividad. ♦ El cambio climático y sus impactos en la producción bananera-platanera.
Genética	♦ Participación en el proyecto de Secuenciación del Genoma del Banano. ♦ Evaluación, selección y multiplicación de materiales de alto rendimiento, calidad y resistencia a plagas y enfermedades.
Producción	♦ Caracterización de los sistemas de producción regionales. ♦ Desarrollo de paquetes tecnológicos integrales para la producción sustentable de bananos y plátanos convencionales y orgánicos.
Cosecha y Empaque	♦ Tecnologías para la reducción de costos, impacto ambiental y mejora de la calidad.
Industria	♦ Desarrollo de tecnologías para el aprovechamiento integral de productos, subproductos y desechos de la plantación.
Mercados	♦ Investigación de mercados actuales y potenciales.
Fitosanidad	♦ Mejoramiento de los métodos de control de la Sigatoka negra. ♦ Biocontrol de plagas y enfermedades. ♦ Diagnóstico y control del "Moko bacteriano". ♦ Biología y control de "Picudo negro", nemátodos y plagas del fruto.
Organización y Administración	♦ Desarrollo organizacional de empresas y agrupaciones de productores de banano y plátano. ♦ Organización para la comercialización en redes de "fair trade" ♦ Relaciones sociales y laborales de las fincas bananeras. ♦ Políticas y programas fiscales y de seguridad social para el fomento de la actividad.

CONCLUSION. Los métodos y técnicas de diagnóstico y planeación participativa constituyen una alternativa eficaz para la construcción colectiva de las agendas de prioridades de investigación y desarrollo regional de la actividad bananera y platanera nacional.

Armonizar la oferta con la demanda de tecnología constituye un imperativo para que la labor de las diversas instituciones científicas contribuya de manera más eficaz y efectiva al desarrollo de la agricultura bananera y platanera nacional.

BIBLIOGRAFIA

1. SAGARPA, 2001.

¹⁻⁶Profesor-Investigador del Centro Regional Universitario del Sureste (CRUSE) de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH); Apartado Postal 29, 86800 Teapa, Tabasco, México. (rey_krras@yahoo.com.mx)

RESULTADOS DE INVESTIGACION EN EL CULTIVO DEL PLÁTANO EN NAYARIT

RESEARCH RESULTS ON BANANA IN NAYARIT

Victor Vázquez Valdivia¹ y María Hilda Pérez Barraza²

SUMMARY. INIFAP-Nayarit had generated technology for banana. The drip irrigation system incremented the yield in 40%. The fertilization treatment (200-75-150 N-P-K) yielded 21% more than the control. There are new banana cultivars in the state, some having high yield, others with higher rentability and/or tolerant to different factors.

INTRODUCCIÓN. El plátano es el segundo frutal más importante en Nayarit con una superficie de 6,836 ha y rendimientos menores a 20 ton/ha (2) aunque existe potencial para producir más de 50 ton/ha (1). Los factores más importantes que limitan su producción son la sigatoka negra, los nemátodos, el uso inadecuado del agua de riego, y una deficiente fertilización entre otros. El objetivo de este trabajo es dar a conocer los resultados de investigación generados por el INIFAP-Nayarit para el cultivo del plátano.

MATERIALES Y MÉTODOS. Los experimentos fueron establecidos en terreno de productores y en Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Se introdujeron y evaluaron en campo, cultivares productivos, de calidad, rentables y/o tolerantes a factores de cultivo adversos como sigatoka negra, mal de Panamá y nemátodos. Se estudiaron tres sistemas de riego y cinco tratamientos de fertilización en plátano 'FHIA-01'. Se generó tecnología para producir planta de cultivo de tejidos y se evaluó su comportamiento en campo. En todos los experimentos de campo se evaluaron aspectos vegetativos, de producción, de calidad de los frutos y tolerancia a sigatoka negra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. Con el riego por microaspersión y goteo se incremento el rendimiento en 17.82 y 24.39 ton/ha con respecto al riego por gravedad (Cuadro 1). La fertilización con 200-75-150 N-P-K incremento el rendimiento en 13 ton/ha. Con riego por goteo y fertilización de 200-75-150 el plátano 'FHIA-01' produjo 92.14 ton/ha (Cuadro 2). Se detectaron cultivares con fruto de calidad como Enano Nautla, Enano 3, Enano 5, Morado y Robusta A y Robusta B, con rendimientos superiores a las 50 ton/ha, controlando sigatoka negra. Los cultivares FHIA-01, FHIA-18 y FHIA-21 fueron tolerantes a la sigatoka negra y superaron en más del 100% el rendimiento de los cultivares tradicionales. Se determinó la tolerancia o susceptibilidad de los cultivares a la sigatoka negra. Se adecuo la tecnología para producir plantas de plátano por cultivo de tejidos, se propagaron miles de plantas y se evaluó su comportamiento en campo encontrando amplia aceptación por parte de los productores.

Cuadro 1. Efecto del sistema de riego sobre la producción de fruto de plátano 'FHIA-01'

Sistema de riego	Rendimiento (ton/ha)		
	Año		
	1998	1999	Promedio
Gravedad	26.5 a ^z	53.5 c	40.0 b
Microaspersión	29.2 a	71.4 a	50.3 a
Goteo	28.5 a	77.9 b	53.2 a

^z Medias con la misma letra entre columna, son iguales estadísticamente (Tukey, 5%)

Cuadro 2. Efecto de la fertilización sobre el rendimiento de fruto en plantas de plátano 'FHIA-01'

Tratamiento (N-P-K)	Rendimiento (ton/ha)		
	1998	1999	Promedio
150-100-100	25.2 a ^z	57.2 c	57.2 c
150-75-100	27.5 a	64.3 bc	64.3 bc
200-75-100	28.4 a	73.6 ab	73.6 ab
200-75-150	28.9 a	78.3 a	78.3 a
100-50-50	29.8 a	64.6 bc	64.6 bc

^z Medias con la misma letra entre columna, son iguales estadísticamente (Tukey, 5%)

CONCLUSIONES. Se generó tecnología de riego y fertilización para incrementar el rendimiento. Se dispone de cultivares productivos de calidad y tolerantes a factores de cultivo adverso. Se propagaron miles de plantas por cultivo de tejidos.

BIBLIOGRAFIA

- Orozco R., J.; Medina U., V. M. y Becerra R., S. 1993. Folleto para productores No. 2 SARH-INIFAP-CIPAC. 25 p.
- SAGARPA, 2002. Avances de cultivos establecidos en Nayarit ciclo 2001. p. 14.

¹INIFAP-Nayarit. Apdo. Postal 100, Santiago Ixc. Nayarit. E-mail: vazper87@aol.com

²INIFAP-Nayarit. Apdo. Postal 100, Santiago Ixc. Nayarit. E-mail: hiheba@aol.com



SOCIOECONOMÍA
SOCIOECONOMY

CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA Y TIPOLOGÍA DE LOS PEQUEÑOS PRODUCTORES DE PLÁTANO (*MUSA AAB* SUBGRUPO PLÁTANO CV. HARTÓN). CASO: MUNICIPIO OBISPO, BARINAS

SOCIO-ECONOMIC CHARACTERIZATION AND TYPOLOGY OF SMALL PLANTAIN FARMERS (*MUSA AAB* SUBGROUP PLANTAIN CV. HORN). CASE: COUNTY OBISPO, BARINAS

Delgado E.,⁴³ Paiva R.⁴⁴ y Marín C.⁴⁵

SUMMARY. This research was conducted in order to characterize and to typify small plantain farmers from Obispo county, Barinas state. It was selected a random sample of 33% of farmers recorded in the Extension office at Obispo county. A questionnaire was structured on six components: Personal dated, living conditions, technology, credit, market and technical assistance. Once that all of the variables and individual were identified a factorial analysis of correspondence and cluster analysis was using with SPSS® and WINSTAT CIRAD French. It was concluded in the factorial analysis the correspondence that mayor variables that account to explain it were six (6) and 26 individuals, six (6) groups were identified on the cluster analysis and it indicates the differences on the need for technology demand form each group of farmers and their socioeconomics conditions.

INTRODUCCION. El cultivo de las Musáceas representa uno de los frutales más importantes para nuestro país. En Venezuela existen alrededor de 43.500 ha sembradas de plátano Clon Hartón (*Musa AAB*), de las cuales 8.950 ha corresponden al estado Barinas, con una producción de 7.7 t/ha (MAC, 1999). 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 (Delgado y Paiva, 2001). Los procedimientos convencionales de investigación agropecuaria muchas veces no son apropiados a las circunstancias y entornos socioculturales y económicos de los productores. Es decir, que la oferta tecnológica no es pertinente a las condiciones físicas, bióticas, socioeconómicas e histórico-culturales que determinan la estructura y el funcionamiento de la pequeña agricultura, es tal la complejidad del desafío de producir tecnología mejorada y adoptable por el pequeño productor, que la investigación demanda una aproximación sistémica a la realidad (Guerra y Martínez, 1996). En este sentido el objetivo de este trabajo es la Caracterización y tipificación de los productores de plátano del Municipio Obispo del estado Barinas para identificar los cuellos de botellas que dificultan la inserción de los productores en los procesos de desarrollo rural.

MATERIALES Y METODOS. La investigación se desarrolló durante 2001 y 2002, en el municipio Obispo, estado Barinas a 198 m.s.n.m y 8°33'N y 70°65' O, zona de Bosque Seco Tropical con precipitaciones anuales entre 1.000 y 1.800 mm, temperatura promedio de 27°C. Para la elaboración de tipologías se implementaron los enfoques de Herrera(1998) y Escobar y Berdegué(1990). Se trabajo con un universo de 98 productores y se obtuvo una muestra al azar del 33%. Se aplicó un cuestionario con entrevista directa y un taller participativo para validar la información recolectada. La encuesta se estructuró por seis componentes que comprende: Datos personales (siete variables), Condiciones de vida (diez variables), Tecnología (catorce variables), Financiamiento (cuatro variables), Comercialización (catorce variables) y Asistencia técnica (siete variables). Una vez obtenidas las variables e individuos definitivos se procedió al análisis factorial de correspondencia (AFC) y análisis de cluster (AC) para definir los grupos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. En el Cuadro 1 se muestra los factores principales y la contribución de cada variable a la integración de los mismos, entre los seis primeros factores se acumula un 75.9 % de la varianza total. lo cual indica que el análisis realizado puede utilizarse para interpretar la variabilidad presente en esta muestra. En este sentido y por medio del análisis de las variables más asociada a cada factor(F) se pueden establecer como F1 Condiciones de vida, F2 Características del fruto, F3 Asistencia técnica, F4 Aplicación de abono, F5 Comercialización y F6 Mano de obra. El resultado de clasificación jerárquica ascendente genero un árbol de clasificación denominado DENDOGRAMA donde se generaron seis grupos .

Cuadro 1. Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción en cada factor.

Factor	% de la varianza	% acumulado	Total
1	19,980	19,980	2,597
2	14,500	34,480	1,885
3	12,425	46,905	1,615
4	11,271	58,176	1,465
5	9,346	67,522	1,215
6	8,372	75,894	1,088

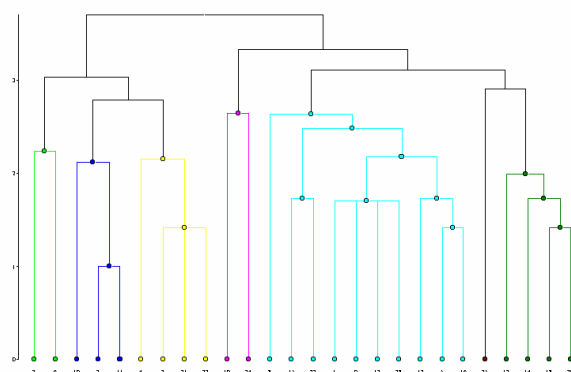


Figura 1. Dendrograma de clasificación de 26 entradas de productores de plátano del Municipio Obispo, Barinas.

CONCLUSION. Los resultados de este trabajo permitieron evidenciar las variables de mayor relevancia para la tipificación de los pequeños productores de plátano del Municipio Obispo las cuales determinan los distintos referenciales tecnológicos del cultivo demandados por cada grupo de productores.

BIBLIOGRAFIA

- Ministerio de Agricultura y Cría (MAC). 1999. Anuarios estadístico. República de Venezuela. Caracas. p. 75.
- Delgado, E. y R. Paiva. 2001. Estudio de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijensis* Morelet) sobre la sostenibilidad de la producción de musáceas en Barinas, Venezuela. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 18:277-289.
- Guerra, S. y E. Martínez. 1996. Estudio de los sistemas de producción agropecuaria de la microregión boscán del sector el laberinto, planicie de Maracaibo. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 13:229-243.
- Herrera, D. 1998. Metodología para la elaboración de tipologías de actores. IICA. San José, Costa Rica. 96p.
- Escobar, G. y J. Berdegué. 1990. Tipificación de sistemas de producción agrícola. Santiago, Chile, RIMISP.

⁴³ Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. INIA-Barinas. Programa Frutales

⁴⁴ Convenio INIA-PDVSA Investigador asociado

⁴⁵ INIA-CENIAP-Maracay Técnico asociado

PREFERENCIAS DEL CONSUMIDOR DE PLÁTANOS EN PUERTO RICO

PLANTAIN CONSUMER PREFERENCES IN PUERTO RICO

Mildred Cortés⁴⁶ y Leticia Gayol⁴⁷

SUMMARY. Plantain is the most important crop in Puerto Rico. A preference survey was conducted among selected consumers. The most important quality parameters for fresh plantains are greenish and size, 34 and 28% respectively. Thirty six percent used to buy plantains fresh and processed daily, 45% weekly and 57% monthly. The 85% used to buy between 1-10 plantains when they do market. The 47% percent used to buy fresh plantain in small markets, 43% in supermarkets. The 94% of the interviewed considered fresh plantains have good or high quality. Average price per fruit is US\$0.33. Related to processed plantains, 52% doesn't buy any, 20% used to buy green fried plantains and 16% preferred ripe fried plantains. To established a processed plantain industry we need to know what consumers will buy, we offer them different choices of possible plantain products; 35% would buy fried plantain sticks (palitos de plátano), 33% mentioned ripe meat stuffed plantain rolls (piononos), 29% plantain dumplings (bolitas de plátano) and cooked mashed ripe plantain stuffed with meat (pastelón) and 27% fried green mashed plantain (mofongo).

INTRODUCCIÓN. La industria de plátanos frescos en Puerto Rico está protegida por leyes fitosanitarias. Localmente la isla sufre toda su demanda. Este cultivo es el de mayor importancia económica (US\$54.5 millones en el 2003). Provee el consumo fresco para 3.9 millones de personas. El crecimiento de esta industria en Puerto Rico depende de alternativas de elaboración para aumentar su demanda. Se realizó un estudio a los consumidores con el propósito de conocer cuales eran sus formas favoritas de confección de plátano y que querían comprar de forma elaborada. Estos resultados proveerán información valiosa a empresarios que quieren establecer plantas de procesamiento. Actualmente se importan de Sur y Centro América plátanos fritos verdes y maduros (tostones y amarillos) congelados, así como hojuelas fritas de plátano (platanutres).

MATERIALES Y MÉTODOS. Se entrevistaron consumidores en los municipios de mayor población en la isla; San Juan, Ponce, Arecibo, Mayagüez, Fajardo y Trujillo Alto. Se seleccionaron las cadenas de supermercados de mayor importancia por su volumen y variedad de clientela, *Amigo, Grande y Pueblo*. En cada uno de los Supermercados seleccionados de cada municipio se escogieron 10 consumidores al azar y se le suministró un formulario con preguntas relacionadas a la actividad de selección, compra y preferencias de consumo de plátano y posible consumo en el hogar. Se visitaron 16 supermercados.

RESULTADOS.

Datos Generales. En el 74%, el ama de casa era la encargada de hacer la compra. El 68% de las esposas o amas de casa eran las que decidían lo que se compraría para el consumo de la familia. En el 33% eran ambos, esposo y esposa. El tamaño familiar promedio fue de 3.2 personas, el rango de tamaño de las familias fluctuó de 1 a 8 miembros. El 98% de los entrevistados indicaron comprar plátano fresco, el 43% elaborado y el 57% no compraba plátano elaborado. Los platos que más preparan las amas de casa son tostones 55% y mofongo 15%.

Plátano Fresco. Para el 34% de los entrevistados el parámetro más importante de calidad de plátano fresco es verdor y el tamaño

(34 y 28%). El 36% compraba plátano diario (fresco o elaborado), el 45% semanal y el 57% mensual. El 85% compraba de 1-10 cuando lo hacía. El 47% compraba los plátanos frescos en puestos pequeños en los márgenes de las carreteras. El 43% lo compraba en los supermercados. El 94% consideraban el plátano fresco de una calidad buena o excelente. El precio promedio del plátano fresco es de US\$0.33 la fruta.

Plátano Elaborado. Respecto a los productos de plátano que compraban el 52% no compraba ninguno, el 20% compraba tostones y el 16% amarillos. El 50% encuentra la calidad del plátano elaborado buena y el 12% regular. El 54% compra 2 bolsas de 3 libras (1.36kg) cuando así lo hace. El 80% no sabe que productos quisiera comprar. Se le ofreció una lista de posibles alternativas de productos elaborados en el mercado. En el Cuadro 1 se presentan los productos que con mayor frecuencia mencionaron que comprarían y la proporción en que lo hicieron.

Cuadro 1. Posibles Alternativas de Venta de Plátano Elaborado en Puerto Rico.

	%
Palitos de Plátano para Freír	35
Piononos	33
Bolitas de Plátano	29
Pastelón	29
Mofongo	27

El 96% indicó que respaldaría una industria de plátanos elaborados local. En el periodo donde no hay abundancia de plátano los puertorriqueños sustituyen el producto con papas 33% y bananos verdes 25%, entre otros farináceos.

CONCLUSIÓN. El establecimiento de una industria elaboradora de plátanos en Puerto Rico es la alternativa de crecimiento para este sector. Es de vital importancia conocer los gustos y preferencias de la población si se quiere establecer una industria sólida.

BIBLIOGRAFÍA

1. Agricultura, Departamento de. 2004. Ingreso Bruto Agrícola de Puerto Rico. Oficina de Estadísticas. San Juan, Puerto Rico.
2. Cortés, M., et al. 2004. Empresas Agrícolas de Puerto Rico: Situación Actual y Perspectivas. Esta. Exp. Agríc., Rec. Univ. Mayagüez, Univ. de Puerto Rico.
3. Rodríguez L. y M. Cortés. 1981. Demanda y Consumo de Alimentos en Puerto Rico II. Patrones que adoptan las familias al comprar alimentos. Bol. 267. Esta. Exp. Agríc., Rec. Univ. Mayagüez, Univ. de Puerto Rico.

⁴⁶ Economista Asociada, Dpto. de Economía Agrícola y Soc. Rural, Esta. Exp. Agr., Col. Cien. Agr., Recinto Universitario de Mayagüez.

⁴⁷ Auxiliar de Investigaciones, Dpto. de Economía Agrícola y Soc. Rural, Esta. Exp. Agr., Col. Cien. Agr., Recinto Universitario de Mayagüez.

INDICE DE AUTORES (AUTHOR INDEX)

Página/Page

A

Acosta, Rosa	259
Agüero, R.	252,253,254
Aguilar, M. E.	79,223
Aguilar, P.	250
Alamo, C.I.	214
Alon, I.	239
Alonso, Maruchi	259
Alvarado Capo, Yelenis	222
Alzate, G.	245
Arango, R.E.	237
Arias Castro, Carlos	256
Arzola, M.	241
Arroyo, T.	240
Ávila P. R. C.	272

B

Barrera, V. J. L.	189
Belezaca, C.	224,248
Belezaca, Carlos	246
Belloso, M.	269
Belloso, Miguel	264,266
Bermúdez Caraballos, I.	222
Bermúdez, Luis Heraclio	271
Blanco, Giomar	265
Blanco, M. V.	61,240
Blanco, R.	240
Boebel, A.	240
Bolaños Sandra.	208,270
Borja, J.A.	216
Botero, M.J.	45
Bureau, E.	240

C

Cabrera Cabrera, J.	267
Cabrera, M.	185
Calle, Héctor	238,240
Canales-Aguirre A.A.	277
Cañal, M.J.	187
Cañas, G. P.	237
Cañizares, C.	244
Capote, I.	187
Cardona, J.E.	245
Carlier J.	215
Carrasco, L. L. R.	279
Carrillo Montero, Hugo	200
Castañeda Dario	208,270
Castaño, E.	257
Castrillón A. C.,	245
Castro, B. M.	273
Castro, Luis	260
Cavazos, A.E.	203
Cayón, S. G.	172
Cejas, I.	187
Chí, B. H.	257
Chong Pérez, Borys	222
Companioni B.	241
Cortés, M.	214
Cortés, Mildred	282
Cubero Rojas, Hugo	230,231,233

D

da Silva, A.	195
de la Cruz S., P.F.	268
Debergh, P.	187
Delgado, Adalberto	190,265
Delgado, A.	269
Delgado, E.	190,281
Díaz Carrillo, José Vicente	200
Dias, D.L.	263
Díaz, L.	241
Díaz, L.G.	216
Díaz Perez, M.A.	267
Domínguez, G. O.	242
Dorantes, Indhira	264
Dueñas, Francisco	259

E

Echeverria, F.	248
Edgecomb, D.	229
Ellis, Mike	246
Escalona, M.	187
Espinosa, P.	241

F

Farías-Larios, J.	247
Flores, R. A.	268
Flowers, W.	248
Franceschi, G.	239

G

Galán Saúco, V.	267
Galindo, J.L.	232
Gañan, P.	278
García Domínguez, Celsa	242
García, E. de	217
García, M. J.	240
Gauhl, F.	230,240
Gaviria Pamplona, R. A.	251
Gayol, Leticia	282
Gómez Kosky, Rafael	222
Gómez-Lim, M.A.	220,223,275
Gómez, N.	190
Gómez-Pinedo, U.	277
Gómez, R.	185
Gómez, V. V.	279
González, Clara	259
Gonzalez, J.	240
González, Lianet	259
González, M.	253,254
González, O.	9
Gonzalez Q, Roberto	190,236
Guarín Carlos, Javier	200
Guendel, R.	240
Gutiérrez, M. P.	272
Guzmán-González, S.	212,218
Guzmán, M.	239
Guzmán, Mauricio	227

H

	240
Heinz Kuck, K.	202
Hernández, E.H.	265
Hernández, Julitt	222
Hernández, Lazaro	241
Hernández, M.	197
Hernández-Pérez, M. I.	228
Hernández-Rosales, A.S.	257
Herrera, F.M.	278
Hincapie, D.	

J

Jacomé, L.H.	230
Jaizme-Vega, M.C.	143
James Kay Andrew	215,256
Jaramillo, R.	131
Jiménez, R. A.	53

K

Kaemmer Dieter	256
Khayat, Eli	206,276
Knight, S.	239
Kroneberg, A.	240

L

Laborem, G.	269
Lavoranti, O.	106,193
Leandro, G.	240
Lee, R. V.	207
Leiva Mora, Michel	222
Lerma, J.N.M.	207
Liscano, Ch. O.	249
Livni, Nitzan	206
López, J.,	185
López-Orué, M.L.	228
López Torres, Jorge	222
Lorenzo, J. C.	241

M

Machado, José M.	222
Magaña, Sacramento	264,266,269
Malavolta, E.	106,193
Manker, D.	229
Manrique-Trujillo, S.M.	275
Manzanilla E.	198
Manzanilla, Edward	265
Manzo-Sánchez, G.	212, 215, 218
Marín, C.	190, 281
Marin, D.	240
Martínez, A.	242
Martínez, B. L.	64
Martínez Bustamante, E.	197
Martínez, G.	198
Martínez, Gustavo	265
Martínez Garnica, Alfonso	242
Mejía Camilo.	270
Mejías, A.	217
Méndez Lagunas, Lilia	274
Meneses, A.	106
Mira-Castillo, John J.	197
Montano, N.	185
Montoya Londoño, M. Á.	200

O

Oberthur Thomas	270, 208
Obledo E.N.	228
Ojeda E., L. A.	203
Ordosgoitti, Alfonso	265
Orozco Romero, J.	70,137,192,209,210, 211,212,213,225,234
Orozco-Santos, M.	70,137,192,209,211,212, 213,218,234,247
Ortiz, J. L.	79,223
Ortiz Vázquez, Elizabeth	256

N

Navarro, M.	229
Noceda, C.	187

P

Padilla-Camberos, E.	277
Paiva, R.	281
Palacios, J.	214
Pantoja, M. C.	223
Pargas, R.	198
Pasberg-Gauhl, C.	230
Pastor, F.	235
Patiño Hoyos, L. F.	53,200,237
Peña, C. N.	279
Perea, I.	223
Pérez, A.	241
Pérez, Alexis	265
Pérez Barraza, Ma. Hilda	188,225,260
Pérez, Luis	219
Pérez, M.C.	241
Pérez, Michel	219
Pérez V.	1,258
Pérez, Z. O	137,192,209,210,211, 234
Piña, G.	269
Pocasangre, L. E.	16,47
Polanco, Diana	227
Portal Villafañá, Orelvis	222

R

Ramclam, W.W.	201
Ramírez, A.	217
Ramírez, A. J. M.	104
Ramírez-López, A.C.	220
Ramírez, S.G.	268
Ramírez, Teresa	259
Rayas, A.	185
Reinaldo, D.	185
Restrepo, L.P.	273
Restrepo, A.	273
Rivera, Randy	246
Riveros, Alba Stella	47,106,216,221,226
Robles, G.M.	227,244
Rodríguez, A. M.,	209,211
Rodríguez. C., J.C.	252,253,254

Rodríguez, E.	187
Rodríguez Gaviria, P. A.	237
Rodríguez, J. F.	251
Rodríguez Mendiola, M.	256
Rodríguez, O.	106,193,195
Rodríguez, P. V.	53,193,194,195,196
Rodríguez, R.	187
Rodríguez Ramírez, J.	274
Rodríguez-Romero, A.S.	143,205
Rodríguez-Zapata, L. C.	257
Roels, S.	187
Román, María I.	259
Rosales, F. E.	16,47,106,131,184,204

S

Sági, László	222
Salado-Ponce, J.H.	277
Salazar, Efraín G.	260
Salcedo Herrera, G.J.	242
Saks, Yolanta	276
Sanabria, Héctor	199
Sánchez, A.	106,193
Sánchez, M. J.G.	203
Sánchez Ramírez, Julio	274
Sandoval, J.	79,240
Sandoval, J.E.	221
Sandoval Torres, Sadoth	274
Santos, A.	185
Santos, R.	241
Santos-Serejo, J. A.	186,261,262,263
Semanenco, Alexander	276
Shachnai, Assaf	276
Sheppard, B.	240
Sierotzki, H.	239,240
Sikora, R.	244
Silva, A.	258
Silva, S. de O.	36,186
Silva, S. O.	261,262,263
Soares, T. L.	261
Souza, A. S.	261
Stoermer, K.	240
Suárez-Capello, C.	224
Suárez, Carmen	246
Surga, José G.	260,264,266,269
Swennen, Rony	222

T

Teles, S.	262
Toledo, H.	185
Torrealba, Darío	260
Tremont, O.	198
Trujillo, I.	258
Trujillo, R.	185

U

Uquillas, C.M.	250
Urrea, C.F.	245

V

Valdés, Marlyn	259
Valencia Hernández, M.	271
Vanderlaan, P.W.	235
Vargas, T .E.	217

W

Washington, John	238
Williams, R.	248

X

Xiqués, Xonia	259
---------------	-----

Y

Yepez, G.	240
Yepes, J.	278

Z

Zapater, M.-F.	215
Zuluaga, L.E.	245
Zuluaga R.	278
Zum Felde, A.	106
Zuninga, G.	240