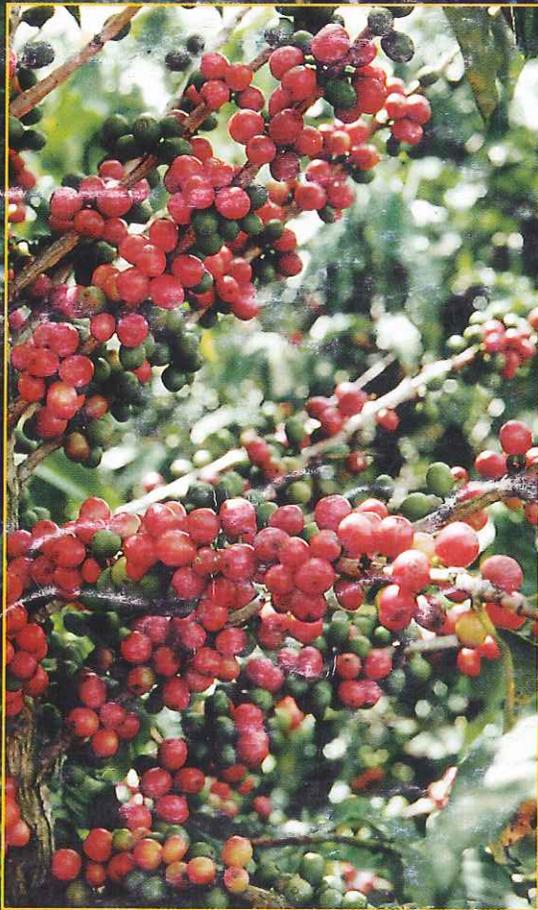


ISSN 1016-0469

Manejo Integrado de Plagas y Agroecología

Julio 2002

No. 64



CATIE
Centro Agronómico Tropical
de Investigación y Enseñanza

Manejo Integrado de Plagas y Agroecología

- Esta Revista es un instrumento de comunicación, foro de discusión y medio de difusión de los resultados de investigación y experimentación sobre fitoprotección para la producción agrícola sostenible, la conservación de los recursos naturales y la protección de la salud de los agricultores y consumidores.
- Selecciona y difunde material de apoyo a la investigación, la enseñanza, la cooperación técnica y el desarrollo en Latinoamérica y el Caribe.
- Los trabajos son seleccionados y revisados por un grupo asesor editorial y evaluados por el Comité Editorial de la Revista.
- Las ideas y opiniones contenidas en los artículos publicados son responsabilidad de los autores y no reflejan necesariamente las del CATIE o de los patrocinadores de la Revista. El contenido de la Revista puede ser citado o reproducido mencionando la fuente.
- Los costos de producción de la revista son cubiertos con aportes del presupuesto central del CATIE, de la Autoridad Sueca para el Desarrollo Internacional (ASDI), aporte de la USDA/FA-S/ICD/RSED de los suscriptores y patrocinadores comerciales o filantrópicos de la Revista e, indirectamente, por quienes apoyan el trabajo de los autores en las correspondientes instituciones y organizaciones de investigación, enseñanza y desarrollo.
- Los trabajos para publicación deben ser sometidos en versión impresa y electrónica.

Fecha de iniciación y periodicidad:

No.1, setiembre, 1986.

Trimestral (marzo, junio, setiembre, diciembre).

La suscripción anual es de:

US\$20 América Central.

US\$25.00 resto América Latina,

el Caribe, Asia y Africa.

US\$35 Otros países Estudiantes US\$12.00 (incluye costo de envío por impreso aéreo).

Versión Electrónica (INTERNET) US\$10.00.

- Esta Revista es indizada en Bases de Datos como: CAB, AGRIS y AGROAMBIENTE (CAB/NAL) y en foros electrónicos especializados.

Comité Editorial

Dr. Luko Hilje, Director

Dr. Reinhold Muschler

Dra. Vera Sánchez

M.Sc. Nelly Vásquez

Dr. Joseph Saunders, *Honorario*

M.Sc. Laura Rodríguez, *Editora*

Comité Internacional

Dr. Terence Albrecht

(USDA/FAS, Washington)

Dr. Miguel Altieri

(Universidad de California, Berkeley)

Dra. Ann Braun (PAIDEA Resources, Nueva Zelandia)

Dr. Steve R. Gliessman

(Universidad de California, Santa Cruz)

Dr. Michael E. Irwin

(Universidad de Illinois, Champaign)

Dr. Kevin Walker

(IICA, Costa Rica)

Dirección: Luko Hilje

Editor: Laura Rodríguez

Diseño y diagramación: Rocío Jiménez Salas y Silvia Francis Salazar

Secretaria: Yorlene Pérez

Versión electrónica: Guisselle Brenes

La producción y administración de esta revista se encuentra bajo el Area de Comunicación, en la Unidad Técnica de Apoyo.

Tiraje y Distribución:

1150 ejemplares. Se envía en Canje por publicaciones que son de interés para las actividades que realiza el CATIE.

Correspondencia

Revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología
CATIE

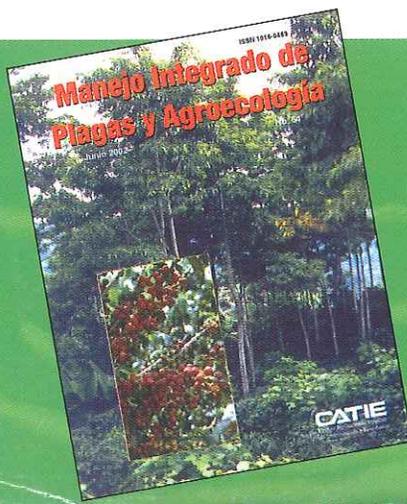
7170 Turrialba, **Costa Rica**

Tel. (506) 558 2633/556 1632

Fax: (506) 556 6282/556 1533

EMail: lrodrigu@catie.ac.cr ó

cicmip@catie.ac.cr



Portada: El café es un cultivo de gran importancia económica y social en muchos países de América Latina. En los últimos años ha aumentado el interés en los sistemas de producción sostenible, y muchos caficultores están adoptando sistemas más diversificados y menos dependientes de insumos externos. La agroecología y el manejo integrado de plagas ofrecen alternativas de manejo que favorecen la conservación de los recursos naturales de la finca, tales como el suelo, el agua y la biodiversidad. En este número se incluye un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales, el cual fue diseñado para ser utilizado también por agricultores (p. 17-24). En el foro también se presenta un estudio de caso sobre café en El Salvador (p. 5-16). Otro artículo sobre control de ácaros en café es publicado en este número (p. 55-61).

Fotos: Luko Hilje, CATIE.

Manejo Integrado de Plagas y Agroecología

No. 64



BIOGRAFIA

Clorito Picado: además de científico y enciclopedista, fitoproteccionista

Luko Hilje

FORO

Un enfoque interdisciplinario para la investigación en agroecología y desarrollo rural en el trópico latinoamericano5-16

V. Ernesto Méndez, Stephen R. Gliessman

ARTICULOS CIENTIFICOS

Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales17-24

Miguel A. Altieri, Clara Inés Nicholls

• Los geminivirus, patógenos de importancia mundial25-33

Claudia Zúñiga-Vega, Pilar Ramírez

Influencia de la luz y de aditivos naturales sobre la germinación de conidias de *Metarhizium anisopliae*34-40

Silvia Ruth Rodríguez-Colorado, J. Concepción Rodríguez-Maciel, David Riestra-Díaz,

Juan A. Villanueva-Jiménez, Daniel Arturo Rodríguez-Lagunes

Identificación de fuentes de resistencia a *Xanthomonas campestris* en *Brachiaria* spp.41-47

Carolina Zuleta, S. Kelemu, Oscar Cardozo

Evaluación de coberturas plásticas para el manejo de plagas en el occidente de México48-54

Mario Orozco-Santos, Javier Farias-Larios, José Gerardo López-Aguirre

Controle do *Brevipalpus phoenicis* em cafeeiro com produtos seletivos a ácaros predadores55-61

Paulo Rebelles Reis, Júlio César de Souza, Elber Oliveira Sousa, Adenir Vieira Teodoro

Diagnóstico y distribución de *Mycosphaerella* spp. en musáceas de República Dominicana62-66

Tania Polanco, Jean Carlier, Marie F. Zapater

Infección del Virus del rizado de las hojas del tomate (ToLCV-Pan) por *Bemisia tabaci* en Panamá.....67-71

Anayansi Valderrama, Aníbal Velásquez, Orencio Fernández

Influencia de la fertilización nitrogenada en la interferencia de *Digitaria sanguinalis* sobre maracuyá72-76

Bielinski M. Santos

EXPERIENCIAS DE MANEJO DE PLAGAS

Un programa exitoso de control biológico de insectos plaga de la caña de azúcar en Costa Rica.....77-87

Francisco Badilla Fernández

Inventario y fluctuación poblacional de insectos y arañas asociadas con *Citrus sinensis* en la región Huetar Norte de Costa Rica.....88-98

Jorge Mario Elizondo Solís

HOJA TECNICA

Manejo integrado da cochonilha *Diaspis echinocacti* praga da palma forrageira em Brasili-vi

Geraldo Pereira de Arruda Filho, Geraldo Pereira de Arruda

BOLETINES

Mosca Blanca al Día100-101

Plagas Forestales Neotropicales.....102-103

Control Biológico de Malezas104-105

SECCIONES ESPECIALES

Agromedicina

Programa Regional de Acción y Demostración de opciones sostenibles para el control de la malaria sin el uso de DDT en México y América Central106-109

Luiz A. Galvão, Samuel Henao

Avances en el Fomento de Productos Fitosanitarios No-Sintéticos

Tecnologías de producción de *Bacillus thuringiensis*110-115

Orietta Fernández -Larrea Vega

Agricultura Orgánica

Situación actual y perspectivas de la agricultura orgánica y su relación con América Latina116-124

Jaime García

SECCION INFORMATIVA

Futuros eventos125

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) es un centro regional dedicado a la investigación y la enseñanza de posgrado en agricultura, manejo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Sus miembros regulares son: el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Belice, Bolivia, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, República Dominicana y Venezuela. El presupuesto básico del CATIE se nutre de generosas aportaciones anuales de estos miembros, los cuales a su vez conforman su Consejo Superior.

Director General

Pedro Ferreira Rossi

Subdirector General

Markku Kanninen

**Programa de Educación
para el Desarrollo y la Conservación**
Al Moslemi

Servicios Técnicos Regionales
Alan González

**Programa Proyección Regional
y Planificación**
Tannia Ammour

Administración y Finanzas
Viviana Sánchez

Representaciones Nacionales del CATIE

(Para mayor información de CATIE, así como para suscribir la Revista puede contactar al Representante Nacional de su país)

COLOMBIA

Convenio Universidad Tecnológica de Pereira-CATIE.
Apartado Postal 097, Pereira, Colombia
Tel. directo (00576) 321-8738
Telefax: (57) 63212443
Correo electrónico: engjde@utp.edu.co
jrodrigu@telesat.com.co

COSTA RICA

Edificio de la FAO, Sabana Sur, 500 metros al oeste del Ministerio de Agricultura carretera a Escazú, San José, Costa Rica
Telefax: (506) 296-5816

EL SALVADOR

Apartado Postal 1-96 1a. Calle Poniente y 61 Ave. Norte. Edif. Bukele, Planta baja, San Salvador, El Salvador
Tel.: (503) 261-2036/2037
Fax: (503) 261-2039
Correo electrónico: catie@navegante.com.sv

GUATEMALA

Apartado Postal 76-A, 15 calle y 1a. Ave. Esquina Zona 10. Edificio Céntrica Plaza, 4 nivel, Of. 401. Guatemala, Guatemala
Fax: (502) 366-2643
Tel: (502) 366-2648
366-2649
Correo electrónico: catiegua@intelnet.net.gt

HONDURAS

Apartado Postal #2088 Secretaría de Recursos Naturales. 1ª Planta, Edificio Principal, Boulevard Miraflores Tegucigalpa, Honduras.
Tel.: (504) 235-6609
235-6773
Fax: (504) 235-6610
Correo electrónico: catiehon@gbm.hn

MEXICO

Calzada del Ejército Nacional. 311 Primer Piso. Colonia El Tecolote Tepic, Nayarit, México
Tel: (52) 32 100807/149967
Fax: (52) 32 148850
Correo electrónico: catie@tepic.megared.net.mx

NICARAGUA

Apartado Postal #4830 Km 8 1/2 Carretera a Masaya Ministerio de Agricultura, Managua, Nicaragua
Tel.: (505) 276-1026/1109
Fax: (505) 276-1108
Correo electrónico: catiecot@tmx.com.ni

PANAMA

Edificio 95 Ciudad del Saber. Apartado Postal #5388 Clayton, Panamá
Tel.: (507) 317-0197/0198
Fax: (507) 317-0199
Correo electrónico: catiepanama@cwpanama.net

VENEZUELA

Universidad de Yacambú, Calle 41 entre carreteras 15 y 16, Barquisimeto, Estado de Lara 3001, Venezuela.

Representaciones Nacionales del IICA

BELICE

Dr. Jaime Mauricio Salazar Representante IICA
Apartado Postal #448, Belmopán, Belice
Tel.: (00501-8) 20-222
Fax: (00501-8) 20-286
Correo electrónico: iica@btl.net

REPUBLICA DOMINICANA

Dr. Rafael Marte Representante IICA
Fray Cipriano de Utrera. Esquina Avenida República del Líbano. Centro de los Héroes, Santo Domingo, República Dominicana
Apartado Postal #711
Tel.: (1 809) 533-7522/2797
Fax: (1 809) 532-5312
Correo electrónico: rmarte@iicard.org

CATIE Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

UNA REVISTA CAPAZ DE RESPONDER A NUEVOS TIEMPOS

En setiembre de 1986, gracias a esa intuición y visión propias de mentes sensibles y conocedoras de su entorno científico-técnico, humano y geográfico, como la del Dr. Joseph L. Saunders, surgió a la luz en el CATIE la revista *Manejo Integrado de Plagas*. Quienes no laborábamos entonces en esta institución celebramos esto con regocijo, pues percibíamos la aparición de aquel modesto ejemplar -de apenas seis artículos, contenidos en 36 páginas- como el auspicioso inicio de un foro, muy necesario y hasta urgente, para el intercambio de información acerca del manejo integrado de plagas (MIP) en América Central y el Caribe. ¡Y de veras que lo ha sido!

Hoy, 16 años después, gracias al apoyo de muchas personas y entidades, pero sobre todo del Dr. Saunders, de sus directores Orlando Arboleda (1986-1995) y Elkin Bustamante (1995-2002) y de la Lic. Laura Rodríguez -editora durante la mayor parte de este proceso-, quienes la han sabido conducir con éxito a pesar de numerosas dificultades, la Revista ha crecido en la calidad de su contenido y su formato hasta alcanzar su verdadera madurez. Las 122 páginas que componen su último número son un fiel reflejo de su calidad y versatilidad, así como de su flexibilidad para satisfacer a sus usuarios.

No hay duda de que su recorrido ha sido realmente fecundo, pues en sus 63 números, publicados trimestralmente de manera puntual e ininterrumpida, han aparecido más de 700 artículos científicos, 40 hojas técnicas y casi 50 boletines técnicos. Asimismo, actualmente además está disponible en formato electrónico y tiene una vasta cobertura, pues llega a bibliotecas, universidades, instituciones gubernamentales, centros de investigación, ONGs e individuos en 37 países, alcanzando directamente a unas 1000 personas, e indirectamente a más de 3000 personas. En los aspectos financieros, genera ingresos propios, derivados de un alto número de suscripciones y canjes, de convenios con organismos y proyectos regionales, y de donaciones de empresas.

Sin embargo, a pesar de estas credenciales, que evidencian su valor y vigencia, creemos que ha llegado el momento de ampliar su cobertura temática para responder a nuevas necesidades y demandas de los sectores agrícola y forestal de nuestro continente. Es por ello que, a partir del presente número, la revista varía su nombre por el de *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*. Aunque, de hecho, ya habíamos avanzado en es-

te sentido, incluyendo progresivamente secciones específicas en los temas de agromedicina, bioplaguicidas y agricultura orgánica, ahora se incluirán, en el cuerpo mismo de la Revista, artículos sobre temas relacionados con nuevos paradigmas y enfoques, como los de agroecología y sostenibilidad agrícola.

¡Bienvenidos, pues, los colegas que trabajan en estos campos! Ponemos a su disposición las páginas de esta Revista para que, junto con quienes trabajan en MIP, contribuyan con información para el desarrollo de sistemas productivos sostenibles, la conservación de los recursos naturales, y la protección de la salud de los agricultores y los consumidores. Es así como el CATIE, en concordancia con el lema institucional del CATIE de *producir conservando, conservar produciendo*, asume esta responsabilidad de disseminación de información para los productores y técnicos de nuestro continente.

Al abrir esta nueva época de la Revista, deseamos dejar constancia de nuestro sincero agradecimiento al Dr. Joseph L. Saunders, al M.Sc. Orlando Arboleda y al Dr. Elkin Bustamante, por su destacada labor de conducción editorial en la época que hoy se cierra. Además, a las principales agencias donantes que, con su apoyo económico, hicieron posible esta fértil travesía: la *Agencia para el Desarrollo Internacional (USAID/ROCAP)* y la *Autoridad Sueca para el Desarrollo Internacional (ASDI)*.

Asimismo, deseamos expresar que esta nueva época no hubiera sido posible sin el noble y generoso apoyo del *Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA/FAS/ICD/RSED)*, que ha comprometido fondos para su etapa inicial, confiando en que -a mediano plazo- lograremos la sostenibilidad económica. Esta será, sin duda, una de nuestras metas más importantes, en lo cual, de diversas maneras, procuraremos la colaboración de todos nuestros colaboradores y usuarios.



Dr. Ludo Hilje
Director

Revista *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*

INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

Naturaleza. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* es una revista que reúne y difunde aportes científicos y técnicos (planteamientos teóricos, resultados de investigación, experiencias prácticas y de transferencia de tecnologías) en los campos de la protección vegetal y la agroecología, con énfasis en la región neotropical.

La versatilidad de su contenido permite incluir, artículos científicos formales; foros; biografías sobre científicos notables; revisiones bibliográficas; recuentos sistematizados de experiencias prácticas y de transferencia de tecnología; diagnósticos fitosanitarios o agroecológicos; ponencias presentadas en eventos científicos; notas o comunicaciones breves; hojas técnicas; resúmenes de tesis; aportes metodológicos; y materiales de apoyo a la enseñanza. Asimismo, contiene boletines, secciones especializadas, reseñas bibliográficas y anuncios de eventos, en los cuales se puede participar.

Presentación de los escritos. Los artículos se publicarán en forma gratuita. Se aceptarán artículos escritos en español o portugués, solamente. En casos muy calificados (en los cuales sí habrá un costo por publicación, a convenir con el autor) se aceptarán artículos en inglés, pero deberá adjuntarse también una versión en español o portugués, consultándolo de previo con la Editora.

El límite máximo de extensión es de 25 páginas impresas, a doble espacio, en letra tamaño 12, incluyendo las ilustraciones. Cualquier artículo que no satisfaga este requisito será rechazado *ad portas*, excepto en casos muy calificados, a juicio del Comité Editorial. El estilo debe ser directo y conciso, con párrafos cortos, y con criterio de exactitud y brevedad.

Los artículos pueden enviarse a la Editora, a la dirección anotada abajo. Puede hacerse en cualquier procesador de textos. Si se envía a la dirección postal el archivo debe acompañarse de la versión impresa. Deben incluirse también los archivos de las figuras. Si hay fotos, pueden enviarse en papel o en diapositiva, o bien escaneadas a 225 dpi, como mínimo. Las fotos no deben incluirse en el documento, sino enviadas cada una como un archivo jpg o tif. Esto agilizará el proceso de revisión y edición, y facilitará la adopción del formato ya establecido por la Revista.

Arbitraje. Cada artículo será revisado en su formato y presentación por la Editora, inicialmente, y luego remitido al menos a dos expertos en el tema tratado. Sus evaluaciones serán consideradas por la Editora y por Comité Editorial, para decidir sobre su aceptación. La Editora mantendrá informado al autor principal del artículo sobre la evaluación, para que aporte las aclaraciones o ajustes del caso, si las hubiere.

Estructura de los artículos. Dada la versatilidad en el contenido de la Revista, el formato para los textos que no corresponden a artículos científicos formales es bastante flexible. Al respecto, se sugiere basarse en artículos publicados en números recientes de la Revista o consultar con la Editora. Sin embargo, para los artículos científicos deben respetarse las siguientes normas.

El *título* debe ser claro y conciso, reflejando en un máximo de 15 palabras, el contenido del artículo. En él no deben usarse nombres comunes, sino nombres científicos, y éstos no deben acompañarse de la ubicación taxonómica de la especie indicada, ni del nombre de la autoridad taxonómica.

En cuanto a los *autores*, debe haber congruencia en el uso de sus nombres y apellidos. Se recomienda utilizar solamente el primer nombre, la inicial del segundo y el primer apellido, lo cual facilitará las búsquedas en las bases de datos; además, es aconsejable evitar nombres compuestos (p.ej., Rodríguez-Maldonado), pues cuando hay varios coautores las citas bibliográficas se recargan demasiado. Es importante la filiación institucional y la dirección completa, incluyendo el código de correo electrónico, para comunicaciones posteriores con colegas interesados en sus trabajos.

El cuerpo de todo artículo científico debe ser precedido por un **Resumen** no mayor de 250 palabras, acompañado de una versión en inglés (**Abstract**). Al pie de cada uno de ellos debe haber cinco **Palabras clave**, también traducidas al inglés (**Keywords**) descriptivas del contenido del artículo. Ambos requisitos facilitan la difusión del artículo en los servicios bibliográficos internacionales. El resumen debe ser una ver-

sión sintética de los aspectos más relevantes de las secciones de *Métodos y materiales* y *Resultados*.

El cuerpo del artículo se subdivide en las siguientes secciones: *Introducción*, *Métodos y materiales*, *Resultados* y *Discusión*, *Agradecimientos* y *Literatura citada*. No debe haber una sección de *Conclusiones*, pues éstas deben incorporarse en la *Discusión*. En casos excepcionales se permitirá la fusión de las secciones de *Resultados* y *Discusión*.

La *Introducción* presenta, en forma breve, los antecedentes e importancia del tema estudiado, e indica el objetivo de la investigación.

Métodos y Materiales contiene una descripción concisa de la metodología y materiales empleados, con un nivel de detalle suficiente como para que cualquier otro investigador pueda repetir los experimentos y verificar su validez. Para su organización, se recomienda subdividirlo en secciones tales como: *localización*, *tratamientos* y *diseño experimental*, *variables de respuesta* y *análisis estadístico*.

Resultados presenta una descripción, en prosa, de las tendencias más sobresalientes detectadas en los experimentos, respaldadas por los resultados de los análisis estadísticos y compendiados en cuadros y gráficos. Es recomendable incluir también hechos negativos, lo cual podrían evitar a otros investigadores incurrir en errores metodológicos innecesariamente.

Discusión analiza de manera crítica, a partir de la hipótesis que originó la investigación, los resultados obtenidos, comparándolos con los de otros autores. Además, resalta los principales hallazgos y conclusiones, así como su valor científico o técnico. Puede incluir recomendaciones de tipo metodológico o aplicado.

Agradecimientos recoge los nombres, sin resaltar sus títulos académicos, de las personas o instituciones que contribuyeron en aspectos claves de la investigación.

Literatura citada enumera las fuentes bibliográficas consultadas y mencionadas en el texto, incluyendo citas de internet. Puesto que el formato de una cita bibliográfica varía según el tipo de fuente, y también según las revistas, se recomienda revisar un número reciente para observar las modalidades empleadas en la Revista. Aunque la lista de citas debe hacerse en orden alfabético, nótese que en el texto del artículo los autores deben mencionarse primero en orden cronológico y luego alfabético (p.ej., Trejos 1998, Alvarez *et al.* 1999, Salazar y Ruiz 1999, Cárdenas 2002).

Ilustraciones. Las figuras (gráficos, dibujos o fotografías) se ubican en el texto con numeración consecutiva, precedida de la palabra *Figura*; al citarla en el texto, se debe utilizar la abreviatura *Fig*. Cuando el trabajo lo amerite, se incluirán fotos a color. Sin embargo, se debe enviar la "separación de colores" lista para su impresión. Si esto no es posible, se requiere el envío de US\$ 30 por cada fotografía, para cubrir el costo de la separación de colores.

La leyenda debe estar al pie de cada figura y ser autoexplicativa, de tal manera que el usuario no tenga que recurrir al texto para su interpretación. Se recomienda no sobrecargar las figuras, para facilitar su entendimiento. En tal sentido, se deben omitir las figuras en tres dimensiones, excepto que sea imprescindible hacerlo, así como la inclusión de líneas horizontales en el cuerpo de la figura o de símbolos decorativos excesivos.

En los cuadros no se debe repetir el contenido de los gráficos. Se debe evitar que sean recargados, con demasiadas columnas y exceso de información. Deben evitarse las líneas verticales y horizontales en el cuerpo del cuadro.

Dirección

MSc. Laura Rodríguez
Editora

Revista *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*

CATIE, 7170 Turrialba, Costa Rica

Tel.: (506) 558 2408 ó 556 1632

Fax. (506) 556 6282 ó 556 0606

Correo Electrónico: cismip@catie.ac.cr



Clorito Picado: además de científico y enciclopedista, fitoproteccionista

Luko Hilje¹

Introducción

Se puede decir que Clorito Picado tiene una presencia permanente en la vida cotidiana de Costa Rica: es Benemérito de la Patria; su imagen aparece en los billetes de dos mil colones; un instituto para la investigación y producción de sueros antiofídicos, una clínica médica y un colegio público (el de Turrialba), así como el auditorio principal de la Universidad Nacional (UNA), portan su nombre; en varios de esos lugares y en la Universidad de Costa Rica hay estatuas en su memoria; llevan su nombre los galardones nacionales anuales en ciencia y tecnología; y hasta se le cita con cierta frecuencia en la prensa, aún casi 60 años después de su muerte, tanto en aspectos científicos, como filosóficos y políticos.

No obstante tal ubicuidad, son pocas las personas que realmente conocen sus múltiples, ricos y profundos aportes. Pero resulta aún más desconocido que Clorito hiciera importantes y pioneras contribuciones en el campo del manejo de plagas, que es lo que nos interesa resaltar en este artículo. Sin embargo, para comprender a cabalidad dichos aportes, es preciso contextualizar a este hombre excepcional en el tiempo y el ambiente en que le correspondió vivir.

Un esbozo de su vida

El mejor recuento biográfico de Clorito, sumamente ameno por su gran calidad literaria y científica, fue escrito por el Dr. Manuel Picado Chacón, pariente suyo (Picado 1964). Es un texto proveniente del cerebro y mano de un verdadero enciclopedista, pues a la inédita mezcla de microbiólogo y economista que fue, él sumó sus destrezas como pintor, escultor, músico, poeta, cuentista y ensayista. De ahí hemos tomado los datos necesarios para elaborar el siguiente esbozo biográfico.

El diminutivo Clorito, correspondiente al nombre Clodomiro, le fue adjudicado de por vida, debido a su pequeña y frágil complexión. Fue hijo único de un profesor de matemática, Clodomiro Picado Lara, y de la señora Carlota Twight Dengo, hija de don Enrique Twight, escocés y profesor de ciencias. Aunque ambos padres eran costarricenses, Clorito nació en San Marcos, en Jinotepe, el 17 de abril de 1887, pues su padre había sido contratado como profesor en Granada, Nicaragua.

A los tres años de edad regresó con su familia a Cartago, ciudad nativa de sus padres, cuando ya el abuelo había muerto. Sin embargo, los libros que éste dejó, sumados a la exuberante naturaleza de la zona,

¹ Unidad de Fitoprotección. CATIE. Turrialba, Costa Rica. lhilje@catie.ac.cr

cuyos misterios lo cautivaron e invitaron a desentrañarlos, precozmente estimularon en él una fuerte inclinación hacia las ciencias naturales. Ahí realizó sus estudios primarios, y los secundarios en el vetusto y célebre Colegio San Luis Gonzaga, aunque para obtener el bachillerato de secundaria debió viajar a San José, la capital del país, al Liceo de Costa Rica. Brillante desde siempre, y cimentada su vocación hacia las ciencias naturales, recién graduado y con apenas 20 años de edad, fue contratado como profesor de dicha materia en el Colegio de su amada ciudad.

Sus sobresalientes méritos intelectuales justificaron que, muy pronto, sus colegas lo postularan para que recibiera una beca del Estado, y fue así como en 1908 partió hacia Francia. Allá obtuvo diplomas superiores en Zoología y Botánica en La Sorbona y, en 1913, el doctorado de la Universidad de París. Aunque su tesis doctoral versó sobre un tema de biología básica, como lo es la fauna asociada con plantas epífitas ("piñuelas" o bromeliáceas) en regiones tropicales, era evidente que tenía inquietudes científicas y sociales más amplias. Y ese mismo año, aún sin haber defendido su tesis doctoral, fue invitado a incorporarse como alumno en el Instituto Pasteur y en el Instituto de Medicina Colonial de París, donde al lado de prominentes sabios realizó estudios de serología, bacteriología y enfermedades tropicales.

Su regreso a Costa Rica, en 1914, marcó el inicio inmediato de la que sería una carrera incesante y fecunda, de entrega a su patria y a sus semejantes. Desde la dirección del Laboratorio de Análisis Clínicos en el Hospital San Juan de Dios, y después como profesor de enseñanza secundaria y universitaria, demostró ser muy versátil, incursionando en campos tan disímiles como la endocrinología, la hematología, la inmunología, los sueros antiofídicos, varios temas de salud pública, e incluso la agricultura.

Pero, a la vez, lejos del riesgo de ser superficial por abarcar tantos campos, Clorito resultó prolífico no solo por sus originales hallazgos científicos, sino también en el aporte de soluciones prácticas a problemas cotidianos, ya fueran de salud pública o de producción agrícola. En medio de muy serias limitaciones de infraestructura para hacer ciencia, que él logró paliar gracias a su tenacidad, creatividad e inventiva, consolidó su inmensa obra. Incluso hoy todavía se argumenta que, en realidad, él fue el descubridor de la penicilina, pues se anticipó al hallazgo del célebre Dr. Alexander Fleming en 1939. Desde 1923, Clorito había observado la destrucción de bacterias causada por sustancias emi-

tidas por hongos del género *Penicillium*, las cuales aisló, describió y hasta utilizó para curar pacientes, como lo informó en el artículo *Vacuna curativa no específica*, publicado en 1927 en una revista de la Sociedad de Biología de París, el cual, evidentemente, fue ignorado por la comunidad científica universal.

Asimismo, además de su inmensa labor científica *sensu stricto* y su vasta producción en revistas científicas nacionales e internacionales, así como sus indisolubles vínculos con la ciencia francesa y universal, Clorito, humilde y noble, no olvidó el deber social de compartir su conocimiento con aquellos semejantes ajenos a los círculos académicos. Fue por ello que escribió con mucha frecuencia sobre temas científicos, siempre con palabras sencillas, tanto en la prensa como en revistas divulgativas.

Pero, en realidad, su compromiso fue mucho más allá. Su mente crítica y escéptica, sumada a su carácter irónico, fuerte, e incluso áspero, lo llevó a tomar, por escrito, posiciones valientes e indoblegables en temas de importancia social y económica, así como de política nacional e internacional; pero también hizo apreciaciones sobre arte y literatura, intereses que supo cultivar desde joven y que acrecentó en su contacto con la refinada cultura francesa, para convertirse así en un verdadero humanista y enciclopedista.

No obstante, como era de esperar, la dimensión cívica de Clorito, bastante inusitada en el mundo de las ciencias fácticas, le significó no solamente incompreensión, sino también ofensa y escarnio por parte de algunos detractores, pues contrariaba los convencionalismos de un medio más bien complaciente y anodino, como el costarricense, así como los intereses de ciertos sectores poderosos. Pero nunca se amedrentó. Murió, tras una prolongada enfermedad, el 16 de mayo de 1944, en compañía de su esposa, doña Margarita Umaña, y de su hijo adoptivo Mario Picado Umaña (destacado poeta nacional, ya fallecido). Sin embargo, a pesar de tal enfermedad, nunca dejó de asistir a su laboratorio, e incluso pocos días antes de morir, Clorito aún estaba activo con sus lúcidas opiniones por la prensa.

Por fortuna, para conocer y valorar estos aportes de Clorito, además del libro de Picado (1964), el cual incluye fragmentos de muchas de sus publicaciones, hoy contamos con un libro de gran valor analítico (Manzanal 1987) y con siete volúmenes de sus obras completas (Picado 1988); éstas se publicaron para conmemorar el centenario de su nacimiento, gracias al enorme esfuerzo de su principal discípulo, el Dr. Alfonso Trejos Willis (quien, lamentablemente, murió

poco antes de la aparición de los libros), y de la Editorial Tecnológica de Costa Rica.

En lo personal, siempre he sentido una profunda admiración por esa vertiente cívica de Clorito. Por eso creo resumir cabalmente mis sentimientos en las siguientes palabras, publicadas al conmemorarse el centenario de su nacimiento (Hilje 1987): "*Buscó un rincón, porque los escenarios mayores y las palestras estaban reservados para otros, para los que hallaron formas fáciles de vivir a través de la política. Y ese fue un rincón portentoso, prodigioso, desde donde su luz y su voz no cesaron de brillar y resonar. Su silencio fue el del hacedor de ciencia, del creador, del sabio. Su sonoridad, la necesaria para enfrentar con dignidad y sentido de humanidad a los corruptos, los hipócritas, los pusilánimes y los déspotas. No fue, entonces, el científico timorato, presuntamente aséptico, tan común hoy, sino el hombre comprometido -en su amor y vocación por la verdad- con su ciencia y los problemas sociales de su tiempo, con la humanidad. Por eso fue que Clorito se hizo parte de la Patria*".

Sus aportes a la protección vegetal

Uno de los mejores intentos por ponderar la obra plural y multidimensional de Clorito aparece en último volumen de sus obras completas (Picado 1988), en el cual varios autores analizan, en artículos separados, dicha obra desde diversos ángulos disciplinarios (fisiopatología tiroidea, serpientes venenosas, salud pública, endocrinología, biología, agricultura, educación superior y literatura). Entre ellos, hay dos de gran interés para los propósitos de este artículo, escritos por un fitopatólogo (Gámez 1988) y un entomólogo (Jirón 1988), quienes identifican y valoran planteamientos y técnicas claramente relacionados con la protección vegetal.

Gámez (1988) se atreve a postular a Clorito como el primer fitopatólogo costarricense, resaltando sus aportes en el conocimiento detallado de enfermedades entonces novedosas, como la "helada" del frijol, debida a bacterias, y la "chasparria" del café, causada por hongos. Pero, sobre todo, destaca que Clorito supo transferir sus conocimientos de microbiología y en-



docrinología humanas para realizar hallazgos y propuestas muy originales, al demostrar que las plantas podían producir anticuerpos y, en tal medida, se abría la posibilidad de inmunizar los cultivos, para protegerlos contra enfermedades.

En otro campo, en su tesis doctoral ya era evidente el vasto conocimiento entomológico de Clorito, quien incluso descubrió entonces nuevas especies de insectos. A esto sumó sus aportes en el control biológico de las moscas de las frutas (*Anastrepha* spp.) y de la langosta migratoria *Schistocerca paranensis* (= *piceifrons*) (Jirón 1988). En el primer caso, sugirió su combate mediante el parasitoide *Diachasma* (= *Doryctobracon*) *crawfordi*, sobre el cual hizo valiosas observaciones de tipo básico y aplicado. En el segundo caso, realizó aplicaciones exitosas de la bacteria *Coccobacillus acridiourum* en la región de Guanacaste, para lo cual debió recurrir a su ingenio y hacer adaptaciones del método de inoculación de Herelle a ciertas condiciones de dicha región.

Estos hechos demuestran que a Clorito no le bastó con ser un científico de gran calibre en varios campos de la medicina humana, así como un hombre de refinada cultura y de pluma privilegiada, sino que también hizo aportes en la protección vegetal. Pero quizás lo más importante fue que, más allá de estos aportes concretos y valiosos en el campo de la fitoprotección, convirtió su obra en un modelo fehaciente de la interdependencia y conjunción del conocimiento básico con el aplicado, para contribuir en el desarrollo económico y social de su país. En nuestro ámbito de interés, supo capitalizar su vasto acervo científico para fusionar sabiamente el conocimiento biológico (básico) con el agronómico (aplicado), y así generar opciones tecnológicas que permitieran mejorar la producción agrícola del país.

En mi caso personal, debo mucho a esta figura cardinal que fue Clorito, pues ha dejado su fuerte impronta en mi vida. Recuerdo que, cuando comenzaba mi educación secundaria en el Liceo de San José, un día nos llevaron a la inauguración de la Clínica Periférica Dr. Clodomiro Picado, en el cantón de Tibás. A esa edad de adolescente, para mí ese fue un acto sin mayor trascendencia, y más bien largo y monótono, pero, ¡cómo

ignoraba yo -en medio del aburrimiento y la fatiga- el significado que Clorito tendría en mi vida profesional!

Esto vendría después, ya que fue al ingresar a la carrera de Biología en la Universidad de Costa Rica, en 1972, cuando de veras hallé a Clorito, y de manera más bien casual. Aunque al frente del edificio de la Escuela de Biología había un inmenso busto de Clorito, tampoco había reparado en su vida ni en su obra científica. Hasta ese entonces pensaba que yo sería un biólogo "puro", y no tenía interés alguno en campos aplicados.

Fue justamente al tomar el curso de *Historia natural de Costa Rica*, bastante básico y enriquecedor, que me asignaron escribir una monografía y presentar un seminario. En esos días ayudaba a un hermano mayor que estudiaba Agronomía a preparar su colección entomológica, y me empecé a interesar por los insectos. Como en el patio de mi casa había un árbol de guayaba, del cual obteníamos larvas para criarlas hasta el estadio adulto, pensé que mi trabajo podría versar sobre los gusanos de la guayaba (*Anastrepha* spp.). Cuando planteé el tema a mi profesor, Sergio Salas, me sugirió incluir aspectos de su control biológico, algo sobre lo cual nunca había escuchado nada.

Días después, ya inmerso en la biblioteca buscando información, quedé asombrado: ¡ahí estaba justo lo que buscaba! Hallé un pequeño artículo titulado *Historia del gusano de la guayaba* (publicado en 1920) que, en palabras sencillas y con abundantes ilustraciones, relataba numerosos aspectos de la historia natural de dichas plagas, así como de su control biológico mediante el parasitoide antes mencionado. Leí y releí ese texto, deslumbrado ante tantas cosas maravillosas y potencialmente útiles para la agricultura. Entusiasmado, en mi casa establecí crías rústicas de las moscas, esperando hallar parasitoides. Y si bien es cierto que nunca los encontré, en aquel momento descubrí algo mucho más significativo y profundo: mi vocación definitiva por el manejo de plagas.

Decidí entonces que me especializaría en este campo. Pero como en nuestra Escuela, obviamente, no había cursos aplicados, me matriculé en cursos optativos de las facultades de Agronomía y Microbiología, para acercarme así a la formación que deseaba. Y posteriormente, al concluir mi carrera en 1975, tuve la fortuna de obtener una beca de la Organización de Estados Americanos (OEA) para tomar un curso internacional de *Control biológico de insectos*, por varias semanas, en Tapachula, México. Esto reafirmó mis convicciones y expectativas. Ya después vendría la oportunidad de culminar mis anhelos, al realizar estu-

dios de doctorado en manejo de plagas en el prestigioso campus de Riverside, de la Universidad de California, y regresar a mi patria para ejercer en dicho campo, primero en la UNA y hoy en el CATIE.

Colofón

Con los años, tuve la fortuna de acrecentar mi conocimiento sobre Clorito, al aumentar mis lecturas de su obra, y conocer y conversar con personas que le trataron de cerca. Entre ellas sobresalió el amado Dr. Trejos Willis, quien fue un cabal discípulo de su maestro, no solo por sus notables aportes científicos, sino también por su honestidad y amor al prójimo, así como por la valentía y gallardía con las que defendió causas plenas de justicia social y de reivindicación nacional.

A su manera, él fue el relevo de su querido mentor. Y, de hecho, conocer a profundidad a don Alfonso fue lo que me inspiró para escribir las siguientes palabras en el artículo antes aludido (Hilje 1987): "*Y si bien la figura de Clorito es paradigmática, simbólica, debemos cuidarnos de convertirlo en ícono, en santo acartonado, en mero objeto de ceremonias. Sí debemos portar y avivar en nosotros la pequeña llama de su actitud vital y convertir sus enseñanzas en una forma de vivir, de asumir la vida como científicos y ciudadanos, especialmente en tiempos en que nuestra identidad como pueblo parece desvanecerse entre la manipulación, la indolencia y el desaliento*".

Es decir, el legado científico y cívico de Clorito sigue vivo, y lo estará siempre y cuando sepamos inculcar en las nuevas generaciones de investigadores agrícolas las actitudes que él cultivó en abundancia: el apego a la verdad científica, y la generosidad y compromiso con sus semejantes más humildes.

Literatura citada

- Gámez, R. 1988. Una apreciación de la contribución de Clodomiro Picado a la patología vegetal. *In* Obras completas (Picado, C.). Cartago, Costa Rica, Editorial Tecnológica de Costa Rica. Vol. 7. p. 159-167.
- Hilje, 1987. Donde está Clorito. *Semanario Universidad* No. 771. 30-IV-87. p. 4.
- Jirón, LF. 1988. El Dr. Clodomiro Picado y la agricultura en Costa Rica. *In* Obras completas (Picado, C.). Cartago, Costa Rica, Editorial Tecnológica de Costa Rica. Vol. 7. p. 168-171.
- Manzanal, S. 1987. Filosofía y ciencia en Clodomiro Picado Twilight. San José, Costa Rica, Editorial Universidad Estatal a Distancia. 181 p.
- Picado, M. 1964. Vida y obra del doctor Clodomiro Picado T. San José, Costa Rica, Editorial Costa Rica. 286 p.
- Picado, C. 1988. Obras completas. Cartago, Costa Rica, Editorial Tecnológica de Costa Rica. 7 v.

FORO

Un enfoque interdisciplinario para la investigación en agroecología y desarrollo rural en el trópico latinoamericano¹

V. Ernesto Méndez²
Stephen R. Gliessman³

RESUMEN. Se discute la integración de la agroecología con enfoques de las ciencias sociales, como base para la investigación interdisciplinaria en el manejo de los recursos naturales y el desarrollo rural en el trópico latinoamericano o neotrópico. Como disciplina que integra conceptos ecológicos al manejo de ecosistemas antropogénicos, la agroecología es un buen punto de partida para promover procesos innovativos de desarrollo en los paisajes rurales. Sin embargo, la agroecología por sí sola no es suficiente para enfrentar la compleja dinámica social y ambiental presente en las áreas rurales. Por tanto, se proponen varios enfoques promisorios que pueden complementar las aplicaciones agroecológicas. Estos incluyen el enfoque orientado a los actores, el análisis de medios de vida, la ecología política, la investigación participativa, y el marco de derechos ambientales. Todos estos pueden considerarse como marcos pioneros para realizar investigación social y ecológica en países en desarrollo. Como ejemplo de este tipo de investigación interdisciplinaria, presentamos un estudio en proceso que analiza la dinámica social y ecológica del café bajo sombra en El Salvador. Para lograr un mejor entendimiento de las complejas realidades existentes en los paisajes rurales actuales, se requieren investigaciones que incluyan sus contextos sociales y biofísicos. El desarrollo de este tipo de estudios interdisciplinarios es un desafío que apenas se comienza a enfrentar. El análisis presentado en este documento tiene el objetivo de contribuir a estos esfuerzos, al identificar enfoques promisorios que pueden ser combinados para desarrollar investigaciones interdisciplinarias sobre el desarrollo y la conservación integrada de los territorios rurales.

Palabra clave: Agroecología, Desarrollo rural, América Latina, Enfoques integrados de desarrollo.

ABSTRACT. An interdisciplinary approach for research in agroecology and rural development in the Latin American tropics. This paper discusses the integration of agroecology with approaches from the social sciences, as a basis for interdisciplinary research in natural resources management and rural development in the Latino American tropics. As a field integrating ecological concepts to the management of anthropogenic ecosystems, agroecology is a good starting point to promote innovative development processes in rural landscapes. However, agroecology in itself is not sufficient to address the complex social and environmental dynamics present in rural areas today. For this reason, we propose several promising approaches that can complement agroecological applications. These include actor-oriented analysis, livelihoods approaches, political ecology, participatory research, and environmental entitlements. All of these can be considered as innovative frameworks to conduct social and ecological research in developing countries. As an illustration of this type of interdisciplinary research we present an on-going investigation analyzing the social and ecological dynamics of shade coffee in El Salvador. A better understanding of the complex realities present in rural landscapes today requires research approaches that fully address both their social and biophysical contexts. Developing this type of interdisciplinary studies is a challenge we have only begun to undertake. The analysis presented in this article aims to contribute to these efforts by identifying promising approaches, which can be combined to develop interdisciplinary research on the development and conservation of rural territories.

Key Word: Agroecology, Rural developments, Latin America, Integrated approaches.

¹ Este artículo es una versión modificada de Gliessman & Mendez (2000a).

² Candidato Doctoral en Agroecología, Departamento de Estudios Ambientales, Universidad de California, Santa Cruz. Investigador, Programa Salvadoreño de Investigación en Desarrollo y Medio Ambiente (PRISMA).vemendez@sv.intercomnet.net

³ Profesor Cátedra Alfred Heller de Agroecología, Departamento de Estudios Ambientales, Universidad de California, Santa Cruz, EEUU. gliess@zzyx.ucsc.edu

Introducción

El uso inapropiado de los recursos naturales en las regiones tropicales ha causado una severa degradación del ambiente (National Research Council 1993). Los modelos de desarrollo rural importados de los países desarrollados han contribuido, en gran medida, a la degradación ambiental de los trópicos (Altieri y Hecht 1990, Bunch 1985, Goodman y Redclift 1991). Esta situación ha motivado la búsqueda de alternativas que reconozcan mejor las condiciones ecológicas y sociales de las poblaciones rurales tropicales (Altieri y Anderson 1986, Bebbington y Thiele 1993, Chambers *et al.* 1989, Gliessman *et al.* 1981, Thrupp 1993). La problemática ambiental está estrechamente relacionada con los procesos sociales, políticos y económicos, lo cual complica nuestros esfuerzos para entenderla y solucionarla (Blaikie y Brookfield 1987, Bryant y Bailey 1997, Peet y Watts 1996). Para lograr una mejor comprensión de estos problemas es necesario desarrollar nuevos enfoques de investigación y desarrollo que logren cruzar fronteras disciplinarias, así como múltiples dimensiones geográficas y políticas (Redclift 1987, Rocheleau 1999, Thrupp 1990). Este foro hace una revisión de enfoques de investigación, partiendo de una base agroecológica, que parecen promisorios para los esfuerzos de desarrollo rural sostenible en el trópico Latinoamericano.

El desarrollo de la agroecología

La agroecología surge como una disciplina para enfrentar los problemas causados por la agricultura moderna convencional. Desde su concepción más simple, la agroecología puede definirse como la *aplicación de principios ecológicos al entendimiento y desarrollo de agroecosistemas sostenibles* (Altieri 1987, Gliessman, 1990a). A partir de los años 90s, la agroecología comienza a integrar, mucho más, conceptos sociales, económicos y políticos en su análisis (Altieri 1995, Gliessman 1998, Vandermeer 1995). Este proceso fue necesario para analizar a fondo los sistemas agrícolas tropicales y subtropicales tradicionales. El conocimiento derivado de estos sistemas locales ha sido fundamental para el desarrollo de la teoría y práctica agroecológica (Altieri 1990). El pensamiento agroecológico también ha incorporado enfoques de la sociología y la antropología, mediante sus aplicaciones en el desarrollo rural y la ecología. Varios trabajos realizados por científicos sociales, dentro de un marco agroecológico, han documentado este esfuerzo (Chambers 1989, González-Jacome y del Amo-Rodríguez

1999, Hecht 1995, Norgaard y Sikor 1995, Woodgate 1991). La evolución de la agroecología, como una ciencia interdisciplinaria la convierte en una herramienta ideal para identificar las bases ecológicas y ambientales de un desarrollo socioeconómico más sostenible (Guzmán-Casado *et al.* 1999). Sin embargo, hasta la fecha, este tipo de investigaciones apenas comienzan (Gliessman 2000a), y es necesario incrementar nuestros esfuerzos en el desarrollo de enfoques que realmente integren las realidades sociales y ecológicas.

Estudios agroecológicos en el trópico: punto de partida

Los estudios agroecológicos sobre la agricultura tradicional en los trópicos proveen un punto de partida importante para entender los procesos ecológicos presentes en el manejo de los recursos naturales (Altieri 1991, Ewel 1986, Gliessman *et al.* 1981). Estos agroecosistemas han sobrevivido por mucho tiempo y se han adaptado a una gran diversidad de cambios en su entorno ambiental y social (Gliessman 1990c). Investigaciones recientes apoyan las propuestas anteriores que señalan la importancia de los ecosistemas y agroecosistemas locales como bases para el desarrollo de una agricultura más sostenible (Gliessman 2000b). Por ejemplo, Ewel (1999) propuso un marco teórico ecológico para el desarrollo de agroecosistemas que buscan imitar, en la medida de lo posible, al ecosistema natural del trópico húmedo bajo. Utilizando conceptos como el de zonas de vida (Holdridge 1987) y la función de Mitscherlich, Ewel identifica los ambientes óptimos para la agricultura con base en las condiciones ecológicas.

El artículo resume cinco años de investigaciones en las cuales se compararon aspectos ecológicos y productivos entre monocultivos, sucesiones naturales e imitaciones agroforestales de la sucesión natural del bosque. Los resultados muestran similitudes entre la sucesión natural y la imitación agroforestal, en cuanto a la productividad primaria neta (PPN) y la baja incidencia de plagas. Los monocultivos agrícolas tuvieron las producciones más altas en los primeros años, al igual que las más bajas en el segundo ciclo del cultivo. Estos resultados demuestran las ventajas productivas de los monocultivos, a corto plazo, así como su alto nivel de riesgo en ambientes tropicales húmedos. Según Ewel (1999), la agricultura dependiente de insumos externos, maquinaria y monocultivos no es propicia para el trópico húmedo porque la inversión económica necesaria es demasiado alta. El ambiente ejercer

tanta presión sobre un sistema de esta índole que es imposible mantener este tipo de producción sin incurrir en pérdidas económicas. Además este autor señala la importancia de considerar también los costos ambientales resultantes de estas tecnologías (p.e. contaminación, erosión genética y de suelo, pérdida de la biodiversidad, entre otros). Por lo tanto, él propone que el diseño de los agroecosistemas tropicales esté basado en la vegetación natural y los agroecosistemas tradicionales. Se enfatiza la diferencia entre *imitar* y *duplicar* la estructura y función ecológica, ya que sería imposible duplicar exactamente la complejidad de un ecosistema natural. Según Ewel (1999) la mayor desventaja de este enfoque, es la reducción en los rendimientos de los cultivos. El autor no ahonda en el tipo de manejo que podría mejorar esta condición, aspecto en el cual pueden lograrse avances importantes mediante la investigación agroecológica.

Estudios similares se han desarrollado en otras zonas ecológicas y con diferentes cultivos (Power 1999). Aunque estas investigaciones se han dado en diferentes ambientes, cabe mencionarlos aquí porque apoyan el concepto de la agricultura basada en ecosistemas naturales y la agricultura tradicional. Entre estos destacan trabajos sobre el papel de la biodiversidad en ecosistemas de pasturas de Estados Unidos (Tilman *et al.* 1996, Tilman *et al.* 1997) y sistemas tradicionales de arroz en Japón (Andow y Hidaka 1989).

Huertos caseros agroforestales: ejemplo de agroecosistemas sostenibles en el trópico. Muchos estudios agroecológicos han evaluado los huertos caseros tropicales como agroecosistemas sostenibles (Gliessman 1990b, Gliessman 1990c, Gliessman *et al.* 1981). También denominados huertos familiares, solares, y jardines de casa, los huertos caseros agroforestales del trópico son asociaciones deliberadas de árboles, arbustos, cultivos herbáceos y/o animales, dentro de los límites del complejo residencial y utilizando, principalmente, mano de obra familiar (Fernandes y Nair 1986). En gran parte, el interés por los huertos caseros se debe a que la estructura de éstos es parecida a la de los bosques tropicales (alta diversidad de especies en múltiples estratos verticales). Dado que los sistemas naturales locales son los ejemplos más concisos que existen de sistemas ecológicos sostenibles, la información recopilada sugiere que los huertos familiares tienen gran potencial de sostenibilidad (Torquebiau 1992). Sin embargo, para poder comprobar esta cualidad es necesario realizar estudios que demuestren el

desarrollo agroecológico y social de estos agroecosistemas, a través del tiempo. Investigaciones de este tipo han sido difíciles de realizar debido a la complejidad de los huertos caseros, y a limitaciones institucionales y financieras (Méndez 2000, Nair 1993, Nair 2001). Sin embargo, algunos investigadores están comenzando a realizar esfuerzos por iniciar este tipo de estudios. El siguiente caso presenta resultados preliminares de un análisis, a través del tiempo, de un huerto casero agroforestal en México.

Huertos caseros en la comunidad de Cupilco, Tabasco, México. Allison (1983), analizó las características ecológicas de huertos familiares en las comunidades de Cupilco, Tabasco y Tepeyanco, Tlaxcala. Los huertos familiares contenían estructuras muy diversas, con un dosel superior de árboles y un estrato inferior con gran variedad de arbustos, cultivos y hierbas. Esta diversidad permitió cosechar productos alimenticios durante todo el año, además de otros productos como leña, plantas medicinales, especies y ornamentales. El análisis ecológico demostró que aún cuando las áreas de los huertos son pequeñas (0,3-0,7 ha), existen muchos componentes ecológicos, tales como alta diversidad de especies, cobertura completa, e índices de área foliar altos, características de los sistemas naturales locales (Cuadro 1).

Cuadro 1. Usos de las especies y características ecológicas promedio de huertos familiares en Cupilco, Tabasco y Tepeyanco, Tlaxcala, México.

Características	Cupilco	Tepeyanco
Tamaño	0,70 ha	0,34 ha
Número de especies útiles	55	33
Diversidad (Índice de Shannon)	3,84	2,43
Índice de área de hoja (LAI)	4,5	3,2
Cobertura vegetal (%)	96,7	85,3
Transmisión de luz (%)	21,5	30,5
Especies perennes (%)	52,3	24,5
Especies arbóreas (%)	30,7	12,3
Plantas ornamentales (%)	7,0	9,0
Plantas medicinales (%)	2,0	2,8

Datos de cuatro huertos en Tepeyanco y tres en Cupilco. Adaptado de: Gliessman (1990c).

Los huertos familiares parecían responder a las variantes locales en tipo de suelo, drenaje, preferencias culturales, tamaño y situación económica de la familia y otros factores. La importancia de los huertos familiares para las familias se refleja en la gran diver-

sidad de funciones ecológicas, económicas y culturales. Asimismo, representan un recurso flexible y dinámico, que cambia de acuerdo a las necesidades de la familia a través del tiempo (González-Jacome 1985). Estos resultados son similares a los obtenidos en estudios recientes en América Central (Lok 1998, Méndez *et al.* 2001).

En 1999, los autores de este documento realizaron un diagnóstico rápido de la comunidad de Cupilco como parte de un curso de agroecología. El diagnóstico incluyó un inventario de especies y entrevistas con la familia propietaria de uno de los huertos que fue estudiado a principios de los años 80. Los resultados preliminares mostraron que después de casi 20 años, la diversidad de especies y estructura vertical del huerto casero se mantenían casi intactas. Además, los medios de vida de la familia seguían basándose principalmente sobre el cultivo del cacao (*Theobroma cacao*) y el consumo de diversos productos del huerto casero. A nivel agroecológico se notaron cambios en el incremento de la densidad y abundancia de los árboles de cacao (Gliessman y Méndez 2000b). Este estudio preliminar deberá ser complementado con investigaciones agroecológicas y sociales más profundas. Sin embargo, los datos obtenidos muestran el gran potencial de sostenibilidad ecológica, a mediano plazo, que está presente en estos agroecosistemas.

Contribución de los estudios presentados. La importancia de los trabajos citados y el estudio de caso presentado en esta sección, confirman las bases ecológicas de algunos agroecosistemas tropicales locales. Estos ejemplos representan algunos de los sistemas más sostenibles, desde un punto de vista ecológico, ya que han producido durante un largo tiempo, sin degradar los recursos naturales de los que dependen. Un conocimiento minucioso de la interacción entre los factores físicos, biológicos y culturales de los agroecosistemas tradicionales, históricamente exitosos, puede facilitar la comprensión de los sistemas que hacen uso sostenible de la tierra. El desafío para el desarrollo rural es integrar este conocimiento local para modificar o desarrollar agroecosistemas adaptados a las realidades sociales y ambientales actuales. En la siguiente sección se discute este tema con más detalle.

Integración de enfoques para el desarrollo rural

Evidencias de la necesidad de nuevos enfoques. La necesidad de utilizar enfoques interdisciplinarios en el manejo de los recursos naturales y el desarrollo rural

ha sido demostrado por trabajos recientes en diferentes disciplinas. Estas investigaciones han demostrado una serie de percepciones erróneas sobre la realidad de diferentes tipos de manejo local de los recursos naturales (Arnold y DeWees 1997, Leach y Mearns 1996).

La compleja realidad que enfrentan las comunidades rurales es afectada por una serie de factores internos y externos a la comunidad que deben ser considerados, aún cuando este tipo de análisis es difícil de realizar.

Enfoques promisorios. En la primera sección se presentaron las características de la agroecología, las cuales la convierten en una buena base para iniciar esfuerzos de desarrollo rural. Los estudios agroecológicos presentados permiten definir tipos de manejo de los recursos naturales acordes con las condiciones ecológicas a nivel de comunidad. El paso siguiente es integrar este conocimiento con enfoques de otras disciplinas, a múltiples escalas, que sean de incidencia en los procesos de desarrollo. Las áreas de sociología del desarrollo, ecología política y enfoques de desarrollo rural e investigación participativa que se han desarrollado dentro de las ciencias sociales son de interés especial. A continuación se discuten con más detalle algunos de estos enfoques.

Enfoque orientado a los actores

Este enfoque se origina en la literatura de la sociología del desarrollo rural. Dentro de este campo, esta perspectiva rechaza teorías estructurales vinculadas al marxismo, al modernismo, y al neo-modernismo. Aunque estas últimas tres difieren considerablemente, tienen un concepto común: todas proponen que el desarrollo económico y social es el resultado de las acciones de las estructuras de poder en el ámbito internacional. En este escenario, las comunidades e individuos tienen muy poco poder para definir los procesos de desarrollo que los afectan (Booth 1994). Por el contrario, el enfoque orientado a los actores propone que los actores locales, tanto individuos, organizaciones u otros, siempre negocian activamente en los procesos de su propio desarrollo, aún cuando este desarrollo sea movilizad por fuerzas globales (Long 1992).

Siguiendo el argumento de Long (1992, 1994), es importante tener en cuenta la gran variedad de actores que afectan de alguna manera los procesos de manejo de los recursos naturales. Estos incluyen individuos, mercados o instituciones a nivel local, regional,

nacional e internacional (Long y van der Ploeg 1994). Dependiendo del tipo de recurso, las diferentes formas de manejo, y otros factores externos (clima, economía global, etc.), cada componente de esta larga cadena tendrá mayor o menor influencia sobre uno o más de los diferentes actores. Lo valioso de este marco teórico es que obliga a ver más allá de nuestra escala o entorno inmediato, lo cual es indispensable en un mundo cada vez más globalizado. Adicionalmente, se pueden identificar las relaciones de poder económico y político que existen entre los diferentes actores, y que de alguna manera afectan sus interacciones con el ambiente.

Hogares y medios de vida

El concepto de **medios de vida** ha sido definido como *compuesto por la gente*, sus capacidades y sus medios para vivir (p.e. comida, ingresos y otros recursos), que pueden ser tangibles o intangibles (Chambers y Conway 1992). Además, los hogares y los agroecosistemas en el medio rural son afectados por una serie de factores externos, desde las políticas nacionales hasta el clima.

Los medios de vida rural han sido estudiados ampliamente en muchos países en desarrollo. Se ha determinado un alto grado de diversidad entre los medios de vida de distintas partes del mundo. Algunos componentes importantes en los medios de vida de los hogares son: diversificación de la producción y los ingresos; demografía familiar; educación; distancia a centros urbanos; oportunidades de empleos externos; acceso a infraestructura y recursos; nivel de organización y/o afiliación a organizaciones o instituciones (Bebbington 1999, Bernstein *et al.* 1992, Ellis 1998, Rocheleau 1999, Woodgate 1991, Zimmerer 1996). El análisis de estos componentes a nivel del hogar y del agroecosistema permite una mejor comprensión de la realidad que enfrentan las familias rurales, y sus motivaciones en el manejo de los recursos naturales.

Diferencias y complejidad: contexto y contenido social

La discusión sobre este aspecto está basado en un trabajo de Rocheleau (1999), geógrafa con gran trayectoria en la investigación social en el manejo de sistemas agroforestales. Ella propone una ciencia agroforestal "híbrida", que integre componentes importantes de las ciencias sociales. Debe incluir una visión que pueda integrar a una multiplicidad de actores y factores a diferentes escalas geográficas, y a través del tiempo. El resultado de este escenario es un esquema suma-

mente complejo de interacciones e influencias dinámicas entre los diferentes componentes.

El análisis propuesto parte del **contexto social**, el cual incluye elementos como tierra, mano de obra, mercados, estructuras político-económicas, género, clases, religión, etc., que resultan en las diferencias individuales y grupales de las comunidades humanas. Este contexto debe observarse desde el nivel local hasta el global, con especial énfasis en las interacciones entre los diferentes actores y elementos. También es importante considerar el **contenido social** de las iniciativas de manejo de los recursos naturales. Este se refiere a los efectos de éstas sobre los diferentes tipos de actores, hogares, y/o comunidades, y sobre su relación con el ambiente. La diferencia entre cada uno de estos actores o comunidades determina el nivel y tipo de impacto que resulta de la adopción o modificación de una intervención determinada. De aquí, que los efectos que son positivos para un grupo de actores pueden ser fatales para otros. Estos impactos deben ser considerados seriamente, ya que pueden afectar negativamente a ciertos actores en términos económicos, sociales y ambientales.

Este enfoque incorpora propuestas de las ciencias sociales como la **ecología política** (la cual busca analizar las relaciones de poder económico y político en el manejo de los recursos naturales); análisis institucionales y organizativos; enfoques participativos; y enfoques de investigación a largo plazo provenientes de la antropología, la etnografía y la ecología (tales como historias de vida y análisis repetidos en el tiempo).

Rocheleau señala que las relaciones entre los humanos y el ambiente son sumamente complejas. Para entenderlas y mejorarlas se debe ampliar el repertorio, de manera que se desarrolle una ciencia interdisciplinaria que integre estas interacciones a múltiples escalas. Como punto de partida, los científicos y practicantes de desarrollo y manejo de recursos naturales debemos comenzar a profundizar en las múltiples disciplinas que se incluyen en este nuevo enfoque. Primero, se tiene que mejorar la comunicación entre las diferentes disciplinas y fomentar la aceptación de enfoques interdisciplinarios por parte de instituciones internacionales y nacionales. Finalmente, se debe aceptar que las percepciones sobre ambiente y medios de vida significan visiones y construcciones sociales diferentes para los distintos actores. Empezando por nosotros, es necesario aceptar que estas distintas percepciones existen, y que además inciden en los procesos de desarrollo y manejo de los recursos naturales.

Organizaciones y capitales

Una gran diversidad de instituciones y organizaciones juegan actualmente un papel importante en el desarrollo rural y el manejo de los recursos naturales. Varios investigadores han concentrado sus estudios en el análisis de estas instituciones u organizaciones. Los resultados muestran procesos dinámicos de cambio en la estructura y función de diferentes formas de organización en los países en desarrollo. Bebbington (Bebbington 1992, 1993, 1996a, 1996b, 1997, 1998, Bebbington y Thiele 1993) ha desarrollado uno de los estudios más completos y de mayor duración sobre la incidencia de organizaciones locales, organizaciones no-gubernamentales e instituciones de gobierno sobre los medios de vida de las comunidades rurales en los Andes Suramericanos. Los trabajos de este autor demuestran el papel indispensable que juegan las diferentes organizaciones como intermediarios entre comunidades rurales y mercados e instituciones externas. Además, los impactos de estas organizaciones son resultado de su origen, tipo, estructura y habilidad de evolución frente a los cambios ambientales y sociales.

Bebbington (1999) propone que los medios de vida rurales pasaron de estar basados únicamente en recursos naturales, a depender de una gama de activos o recursos, fuentes de ingreso y mercados de productos y trabajo. Este autor presenta un marco para analizar los medios de vida basado en cinco tipos de capital: 1. social; 2. natural (recursos naturales); 3. humano (conocimiento, creatividad, mano de obra, apoyo, etc.); 4. cultural y 5. producido. De éstos resalta la importancia del desarrollo del **capital social**. Este puede definirse como las redes y relaciones (ya sean informales o como organizaciones e instituciones) desarrolladas con un fin de beneficio mutuo, generalmente asociado al acceso a algún tipo de recurso. En los Andes, algunas comunidades de agricultores indígenas han podido adaptar tecnologías externas e integrarse a algunos mercados, sin perder su identidad cultural, ni incrementar la degradación ambiental. Bebbington (1999) ha llamado a estas comunidades, 'islas de sostenibilidad', y concluye que su éxito se debe en gran medida al tipo de organizaciones locales existentes, su enfoque de autonomía cultural, conservación de los recursos naturales y su poder de negociación con mercados y otros autores externos.

Derechos ambientales en sistemas dinámicos y complejos

El concepto de *derechos ambientales "environmental*

entitlements", es una propuesta de investigadores del Instituto para Estudios del Desarrollo (IDS), en la Universidad de Sussex, Inglaterra. Esta se basa en gran diversidad de estudios, la mayoría en países africanos, enfocados a analizar las relaciones entre la globalización, los medios de vida rural y el manejo y conservación de los recursos naturales. Estos incluyen nociones de las comunidades sociales y ecológicas como sistemas dinámicos y cambiantes en el tiempo y el espacio, con altos grados de incertidumbre y complejidad en su conducta (Scoones 1999). El trabajo de este grupo obtuvo mucha atención al publicarse un libro sobre la deforestación en la sabana Africana (Leach y Mearns 1996). La investigación demostró que por décadas, las políticas ambientales habían atribuido a las comunidades rurales de la sabana la responsabilidad por gran parte de la deforestación. Lo que los investigadores demostraron con una combinación de metodologías, desde sistemas de información geográfica (SIG), hasta investigaciones históricas puntuales, fue que la cobertura boscosa de la sabana había sido incrementada por sus pobladores. Sin embargo, la visión tradicional de los tomadores de decisiones se enfocaba solamente en el pasado cercano y el presente, lo cual no permitía visualizar los verdaderos cambios a largo plazo en el ambiente. Con base en ésta y otras investigaciones, este grupo propuso un marco que integra toda la dinámica de cambio y complejidad presentes en las relaciones socio-ambientales. Para ello identifican un **marco de derechos ambientales**, definido como "*utilidades alternativas derivadas de bienes y servicios ambientales sobre los cuales los actores sociales tienen poder efectivo y legitimizado, y que son parte de los esfuerzos por lograr la calidad de vida deseada*" (Leach et al. 1999).

Dentro de esta propuesta, las instituciones tienen un papel crucial en las relaciones humanas con el ambiente. Estas instituciones pueden ser formales o informales, e incluyen cualquier tipo de asociación, ya sea individual o colectiva, para negociar el manejo de recursos y/o derechos. Además, es importante tomar en cuenta la naturaleza dinámica de las instituciones, que cambian de acuerdo a los procesos de desarrollo social y ambiental.

Un concepto clave de este marco es que las condiciones ambientales son el producto, no sólo de procesos históricos ecológicos sino también de procesos históricos sociales. De aquí, que el ambiente provee un espacio para la acción social, pero a su vez es, en parte, un resultado de esta acción. Leach et al. (1999)

en las conclusiones de su artículo resume muy bien estos conceptos señalando que "*instituciones diversas, que pueden ser formales o informales, y muchas veces actuando en combinación, forjan las maneras en que los diferentes actores sociales tienen acceso, usan y se benefician de recursos y servicios ambientales, y al hacerlo influyen la ruta de cambio del entorno ecológico*".

Enfoques participativos en el desarrollo rural y manejo de los recursos naturales⁴

Los enfoques de investigación y desarrollo participativo en el manejo de los recursos naturales surgen como una alternativa al enfoque de *arriba hacia abajo*, de los modelos tradicionales de investigación y desarrollo rural. Específicamente, estas propuestas pretenden integrar la realidad de las poblaciones en el proceso de investigación y desarrollo. Además, los procesos de desarrollo son enfocados directamente a entornos ecológicos específicos, con base en el conocimiento y prioridades locales (Chambers 1994, Selener 1997). En sus aplicaciones iniciales, como el diagnóstico rural participativo (DRP), el enfoque representó una combinación de métodos de diagnóstico rural rápido (DRR) y otras herramientas (p.e. sondeo y análisis de agroecosistemas), con una integración más real de la "voz" propia de las comunidades rurales (Chambers 1983, Chambers y Conway 1992, Conway 1985, Hildebrand 1981). En general, el diagnóstico rural rápido fue diseñado para recopilar información relevante sobre las realidades de comunidades rurales y su proceso de desarrollo. Características importantes del DRR fueron la inclusión del conocimiento y percepciones locales, un énfasis en equipos de investigación multidisciplinarios, y el uso de métodos más interactivos, en sustitución de enfoques extractivos (p.e. el uso de entrevistas en vez de cuestionarios).

La investigación y el diagnóstico participativo cambiaron el objetivo del DRR al incrementar las interacciones y exploración mutua entre las comunidades rurales y actores externos del proceso de desarrollo (Rocheleau 1994). De aquí, que el rol del investigador o especialista en desarrollo es más el de un facilitador de un proceso que el de un dirigente o controlador (Chambers 1994). Los modelos de experimentación se transfieren hacia la investigación en finca con la participación activa de los agricultores, en comparación con los ensayos en estaciones experimentales (Hildebrand y Poey 1985). Actualmente, gran cantidad de investiga-

dores y practicantes del desarrollo rural han incorporado métodos participativos en sus estrategias. La teoría y práctica de la investigación y desarrollo participativos ha avanzado considerablemente, para incluir aspectos de monitoreo y evaluación. Organizaciones como el Instituto Internacional para Ambiente y Desarrollo (IIED-www.iied.org) y el Instituto para Estudios del Desarrollo (IDS-www.ids.ac.uk), han jugado un papel importante en estos avances.

Por otra parte, el auge y popularidad de los enfoques participativos han resultado también en aplicaciones controversiales que han atraído fuertes críticas. Una de las controversias más importantes sobre la investigación participativa es el nivel de participación que realmente obtienen las comunidades o usuarios (Rocheleau 1994). La participación puede darse desde acuerdos contractuales para realizar tareas específicas, hasta dejar que los usuarios de los recursos tomen todas las decisiones relevantes sobre los procesos de investigación y desarrollo. Los críticos de los enfoques participativos han señalado que muchos proyectos que pretenden ser participativos, en la realidad han cambiado poco en lo que respecta a la capacitación de las comunidades para que sean capaces de dirigir sus propios procesos de desarrollo (Selener 1997). Además, muchos de los problemas encontrados en proyectos no-participativos han sido traspasados a iniciativas que incluyen la participación. Por ejemplo, un estudio reciente sobre proyectos ambientales participativos muestra la misma insensibilidad, en cuanto a género, que se ha estado criticando por más de una década en la investigación y desarrollo tradicional (Guijt y Kaul Shah 1998). Otras preocupaciones están relacionadas con llevar la participación y su efecto a mayores escalas políticas, aquellas donde se definen decisiones de importancia para las mismas comunidades (Holland *et al.* 1998). El enfoque participativo se ha enfocado generalmente a un nivel local o comunitario. Muchas veces esta limitada visión ignora influencias y causas externas que son importantes en el manejo y uso de los recursos naturales. Además, estos enfoques han sufrido de un "sobre romanticismo" en cuanto al conocimiento local como la alternativa única para solucionar problemas de manejo ambiental (Bebbington 1996a). Debido a que las comunidades son siempre afectadas por influencias externas, parece más lógico definir soluciones que integran el conocimiento y las tecnologías locales con sus contrapartes

important participacion

⁴ Adaptado de Mendez y Overpeck (2000)

externos. Finalmente, algunos autores han señalado la pobreza de los enfoques participativos para documentar y evaluar procesos sociales a un nivel de relaciones individuales, ya sean internas o externas a la comunidad (Mosse 1998).

A pesar de las críticas mencionadas, los enfoques participativos tienen gran potencial como herramienta para la investigación y el desarrollo en el manejo de los recursos naturales. Los trabajos discutidos demuestran que la participación por sí sola no es suficiente para resolver todos los problemas de desarrollo rural y degradación ambiental. Estos enfoques deben ser integrados con otros marcos y metodologías que puedan complementar las debilidades presentes en las propuestas participativas. Específicamente, se necesitan marcos analíticos que permitan visualizar los procesos a través de diferentes escalas espaciales y temporales, así como métodos que logren describir las interacciones individuales externas e internas a las comunidades (Long y Long 1992, Mosse 1998, Rocheleau 1999).

Discusión

Visualizando la realidad compleja. La realización de estudios y programas interdisciplinarios representa un gran desafío para investigadores, practicantes del desarrollo rural y decisores a nivel político. Además de los problemas relacionados a la integración de diferentes disciplinas científicas, se deben considerar las dimensiones temporales y espaciales presentes en los procesos de desarrollo rural (Allen 1993). Para integrar estos conceptos a la investigación es necesario

tratar de visualizar la realidad local, sin perder de vista otras escalas mayores que de alguna manera la influyen. La figura 1 muestra un diagrama simplificado de una serie de factores que, a diferentes escalas, pueden afectar a un agroecosistema.

Los enfoques de investigación y desarrollo se concentran, generalmente, en el ámbito de una de las escalas presentadas en la figura 1. Sería sumamente difícil, aunque tal vez ideal, poder trabajar a profundidad en todos los ámbitos. Lo que es importante es no perder de vista la influencia de los actores, instituciones y mercados que interactúan y se afectan entre sí a través de los diferentes espacios. Una vez definido el contexto en el cual se trabaja se pueden tratar de identificar aquellos actores que lo afectan más significativamente a otros niveles, y concentrar los esfuerzos de trabajo en estos.

Partiendo de las realidades locales. Uno de los desafíos más grandes para los investigadores y quienes trabajan en manejo de recursos naturales y desarrollo rural es llegar a entender las realidades de las comunidades y de los agricultores a nivel local. Esta comprensión generalmente requiere de tiempo, y de la generación de un cierto nivel de confianza con los actores rurales locales. Muchas veces estas personas han tenido malas experiencias con otros individuos o instituciones, lo cual hace más difícil entablar diálogos honestos y transparentes. Por lo tanto, es importante invertir esfuerzos y recursos adecuados en la investigación social y ecológica a nivel local. Aún cuando se realicen actividades paralelas a otras escalas, es nece-



Figura 1. Realidad de los agroecosistemas tropicales y diferentes escalas geográficas y políticas que pueden afectarlos.

sario asegurar un entendimiento adecuado de la realidad local. Es aquí donde los enfoques discutidos en este documento se hacen útiles y necesarios. Sin la integración de las perspectivas sociales y ecológicas, la realidad queda incompleta, previniendo así que los

trabajos realizados tengan una incidencia importante en los procesos locales de desarrollo y manejo ambiental. A continuación se presenta un ejemplo de una investigación en curso que ha buscado integrar algunos de los enfoques discutidos en este artículo.

Conservación de biodiversidad arbórea y medios de vida en cafetales bajo sombra de El Salvador

En El Salvador, donde la degradación ambiental ha alcanzado niveles críticos, el agroecosistema de café bajo sombra ha llegado a tener gran importancia ecológica (PRISMA 1995, Cuellar *et al.* 1999). Para poder entender el verdadero potencial de la conservación ambiental de estos agroecosistemas fue necesario también profundizar en las realidades sociales que afectan a los caficultores. El estudio se concentró en tres cooperativas de pequeños caficultores para complementar otras investigaciones recientes con medianos y grandes productores. Desde el punto de vista ecológico se analizaron la composición de especies de árboles, el porcentaje de sombra, y la distribución de los árboles dentro del paisaje. La temática social incluyó medios de vida de los caficultores, organización social y sus vínculos con redes y actores externos. La investigación integró diferentes enfoques y metodologías de las ciencias sociales y naturales para poder visualizar mejor las dinámicas ecológicas y sociales presentes en los cafetales y las comunidades que los manejan (Cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis interdisciplinario de cafetales bajo sombra mediante múltiples escalas.

Tema	Variables	Enfoque	Metodología	Escala
Conservación especies arbóreas	<ul style="list-style-type: none"> - Diversidad y abundancia de especies de - Tamaño de los árboles - Distribución con relación a un área protegida - Estructura del agroecosistema 	Agroecología, Ecología, Agroforestería	<ul style="list-style-type: none"> - Muestreo al azar y sistemático - Inventarios, y mediciones - Sistemas de Información Geográfica 	<ul style="list-style-type: none"> - Local - Finca - Paisaje
Medios de vida de los hogares	<ul style="list-style-type: none"> - Composición familiar - Fuentes de ingreso - Uso e importancia de los árboles de sombra en los medios de vida - Acceso a servicios y recursos 	Medios de vida, Agroecología, Agroforestería, Enfoque orientado a los actores	<ul style="list-style-type: none"> - Entrevistas semi-estructuradas e informales - Cuestionarios - Grupos focales - Observación 	<ul style="list-style-type: none"> - Hogar - Local
Organización social	<ul style="list-style-type: none"> - Origen y tipo de organización - Beneficios - Estructura - Otras características 	Ecología política, Análisis de capital social, Marco de derechos ambientales; Enfoque a los actores	<ul style="list-style-type: none"> - Información segunda - Entrevistas semi-estructuradas e informales - Grupos focales 	<ul style="list-style-type: none"> - Local - Regional - Nacional
Redes y relaciones con actores internos y externos	<ul style="list-style-type: none"> - Tipos de mercado - Relaciones con actores relevantes - Redes de apoyo y comercialización 	Ecología política, Análisis de capital social, Marco de derechos ambientales; Enfoque a los actores	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión de literatura e información segunda - Entrevistas semi-estructuradas e informales - Grupos focales 	<ul style="list-style-type: none"> - Local - Regional - Nacional - Internacional

Fuente: Méndez (2002).

Los resultados preliminares de la investigación sobre el uso de árboles en café en El Salvador demuestran la importancia de integrar diferentes disciplinas, a través de varias escalas. Partiendo de una base agroecológica que permitió conocer a fondo la estructura y composición del agroecosistema, se han establecido vínculos directos entre los medios de vida de los hogares y el manejo de los árboles de sombra. A su vez, el tipo de organización ha resultado ser una variable que diferencia los distintos tipos de manejo de la sombra y el cafetal. Finalmente, se descubrió que los vínculos con mercados alternativos y proyectos de desarrollo tienen influencia sobre la planificación en cuanto al manejo de sombra en el futuro. Se considera que este tipo de información será de utilidad en esfuerzos que busquen combinar la conservación de especies de árboles con el bienestar social de las cooperativas y los hogares que las conforman (Méndez 2002).

Conclusiones

En este trabajo se discuten enfoques de investigación promisorios para desarrollar estudios interdisciplinarios en el manejo de recursos naturales y el desarrollo rural en zonas tropicales. Las disciplinas y metodologías discutidas son solo una parte de la gran diversidad de opciones que pueden utilizarse en la investigación interdisciplinaria. Sin embargo, los enfoques presentados fueron seleccionados por los autores con base en su utilidad, carácter crítico y

trayectoria en trabajos interdisciplinarios. Por sus características como un campo interdisciplinario y su trayectoria de investigación en agroecosistemas locales tropicales, se propone a la agroecología como la base ideal para comenzar estos estudios. Enfoques provenientes de las ciencias sociales, tales como la ecología política, el enfoque orientado a los actores, y otros mencionados en este foro, pueden ser integrados a la agroecología para diseñar investigaciones interdisciplinarias y a múltiples escalas. Este tipo de estudios tienen un gran potencial de proveer visiones más precisas de las dinámicas sociales y ecológicas de las áreas rurales. Al disponer de esta información, será más factible desarrollar programas que logren integrar la conservación ambiental con el desarrollo social. Como lo ha planteado Rocheleau (1999), existe un repertorio de enfoques y métodos para realizar este tipo de trabajos. El desafío que enfrentamos en el futuro es lograr integrar esas diferentes perspectivas en investigaciones y trabajos de calidad y rigor científico. Estos deben incluir, equitativamente, las realidades sociales y ecológicas de las comunidades rurales. Finalmente, es necesario orientar nuestros esfuerzos para que las investigaciones puedan ser utilizadas directamente en los procesos de desarrollo rural en los países tropicales. Esto requiere de la formación de alianzas estratégicas entre investigadores, comunidades rurales, proyectos, tomadores de decisiones, y otros actores relevantes en actividades de desarrollo rural y conservación ambiental.

Literatura citada

- Allen, P. Ed. 1993. Food for the future: conditions and contradictions of sustainability. New York, USA, John Wiley & Sons.
- Allison, J.L. 1983. An ecological analysis of home gardens (huertos familiares) in two Mexican villages. M.A. Thesis. Biology. Santa Cruz, California, University of California.
- Altieri, MA. 1987. Agroecology: the scientific basis of alternative agriculture. Boulder, CO, Westview Press.
- Altieri, MA. 1990. Why study traditional agriculture? *In* Carroll, R; Vandermeer, JH; Rossett, PM Ed. Agroecology. New York, McGraw-Hill. p. 551-564.
- Altieri, MA. 1991. Traditional farming in Latin America. *The Ecologist* 21(2):93-96.
- Altieri, MA. 1995. Agroecology: the science of sustainable agriculture. Boulder, CO, Westview Press.
- Altieri, MA; Anderson, MK. 1986. An ecological basis for the development of alternative agricultural systems for small farmers in the Third World. *American Journal of Alternative Agriculture* 1:30-38.
- Altieri, MA; Hecht, SB. Ed. 1990. Agroecology and small farm development. Boca Raton, Fla., CRC Press.
- Andow, DA; Hidaka, K. 1989. Experimental natural history of sustainable agriculture: syndromes of production. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 27:447-462.
- Arnold, JEM; DeWees, P. 1997. Farms, trees and farmers: responses to agricultural intensification. London, Earthscan.
- Bebbington, A. 1992. Searching for an 'indigenous' agricultural development: Indian organizations and NGOs in the Central Andes of Ecuador. Cambridge, Centre of Latin American Studies, University of Cambridge.
- Bebbington, A. 1993. Fragile lands, fragile organizations: Indian organizations and the politics of sustainability in Ecuador. *Transactions of the Institute of British Geographers* 181:179-196.
- Bebbington, A. 1996a. Indigenous organizations and agrarian strategies in Ecuador. *In* Pect, R; Watts, M Ed. Liberation ecologies: environment, development, social movements. London, Routledge. p. 86-109.

- Bebbington, A. 1996b. Organizations and Intensifications - Campesino Federations, Rural Livelihoods and Agricultural Technology in the Andes and Amazonia. *World Development* 24(7):1161-1177.
- Bebbington, A. 1997. Social capital and rural intensification: local organizations and islands of sustainability in the rural Andes. *Geographical Journal* 163(P2):189-197.
- Bebbington, A. 1998. Sustaining the Andes? Social capital and policies for rural regeneration in Bolivia. *Mountain Research and Development* 18(2):173-181.
- Bebbington, A; Thiele, G. 1993. Non-governmental organizations and the state in Latin America: rethinking roles in sustainable agricultural development. London, Routledge.
- Bebbington, AJ. 1999. Capitals and capabilities: a framework for analyzing peasant viability, rural livelihoods and poverty. *World Development* 27(12):2021-2044.
- Bernstein, H; Crow, B; Johnson, H. Ed. 1992. *Rural livelihoods: crises and responses*. Oxford, UK, Oxford University Press/The Open University.
- Blaikie, P; Brookfield, H. 1987. *Land degradation and society*. London, Methuen.
- Booth, D. 1994. Rethinking social development: an overview. In Booth, D. Ed. *Rethinking social development: theory, research and practice*. Essex, UK, Longman Scientific and Technical. p. 3-34.
- Bryant, RL; Bailey, S. 1997. *Third World political ecology*. London, Routledge.
- Bunch, R. 1985. Dos mazorcas de maíz. Oklahoma, World Neighbors.
- Chambers, R. 1983. *Rural development: putting the last first*. Harlow, Longman.
- Chambers, R. 1989. Farmer first: a practical paradigm for the third agriculture. In Altieri, MA; Hecht, SB. Ed. *Agroecology and small farm development*. Boca Raton, Fla., CRC Press. p. 237-244.
- Chambers, R. 1994. Participatory rural appraisal (PRA): Challenges, potentials and paradigm. *World Development* 22(10):1437-1454.
- Chambers, R; Conway, G. 1992. *Sustainable rural livelihoods: practical concepts for the 21st Century*. IDS-University of Sussex Discussion Paper 220. Brighton.
- Chambers, R; Pacey, A. Thrupp, LA. 1989. *Farmer first : farmer innovation and agricultural research*. London, Intermediate Technology Publications.
- Conway, G. 1985. Agroecosystems analysis. *Agricultural Administration* 20:31-55.
- Cuellar, N; Rosa, H; González, ME. 1999. Los servicios ambientales del agro: el caso del café de sombra en El Salvador. PRISMA Boletín No. 34. San Salvador, El Salvador.
- Ellis, F. 1998. Household strategies and rural livelihood diversification. *Journal of Development Studies* 35(1):1-38.
- Ewel, J. 1986. Designing agricultural ecosystems for the humid tropics. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17:245-271.
- Ewel, JJ. 1999. Natural systems as models for the design of sustainable systems of land use. *Agroforestry Systems* 45:1-21.
- Fernandes, ECM; Nair, PKR. 1986. An evaluation of the structure and function of tropical homegardens. *Agricultural Systems* 21:279-310.
- Gliessman, SR. Ed. 1990a. *Agroecology: researching the ecological basis for sustainable agriculture*. 78. New York, Springer-Verlag.
- Gliessman, SR. 1990b. Integrating trees into agriculture: the home garden agroecosystem as an example of agroforestry in the tropics. In Gliessman, SR. Ed. *Agroecology: researching the ecological basis for sustainable agriculture*. New York, Springer-Verlag.
- Gliessman, SR. 1990c. Understanding the basis of sustainability for agriculture in the tropics: experiences in Latin America. In Edwards, CA; Lal, R; Madden, P. Ed. *Sustainable agricultural systems*. Ankeny, IO, Soil & Water Conservation Society. p. 378-389.
- Gliessman, SR. 1998. *Agroecology: ecological processes in sustainable agriculture*. Ann Arbor, MI, Ann Arbor Press.
- Gliessman, SR. Ed. 2000a. *Agroecosystem sustainability: developing practical strategies*. Boca Raton FL, CRC Press.
- Gliessman, SR. 2000b. The ecological foundations of agroecosystem sustainability. In Gliessman, SR. Ed. *Agroecosystem sustainability: developing practical strategies*. Boca Raton, FL, CRC Press. p. 3-14.
- Gliessman, SR; García-E, R; Amador-A, M. 1981. The ecological basis for the application of traditional agricultural technology in the management of tropical agroecosystems. *Agro-Ecosystems* 7:173-185.
- Gliessman, SR; Méndez, VE. 2000a. Agroecología y desarrollo sostenible en el trópico Latinoamericano. In *Simposium Internacional sobre Desarrollo Rural Sustentable en el Trópico (2000, Villahermosa, Mexico)*. Memorias. Gobierno del Estado de Tabasco /ISPROTAB. (formato electrónico).
- Gliessman, SR; Méndez, VE. 2000b. Diagnóstico rápido de la comunidad de Cupilco. Taller Internacional de Agroecología Tropical. Documento de Curso. Tabasco, México. En prensa.
- González-Jacome, A. 1985. Homegardens in Central Mexico. In Farrington, IS. Ed. *Prehistoric intensive agriculture in the tropics*. BAR International Series. p. 521-537.
- González-Jacome, A; Amo-Rodríguez, S del Ed. 1999. *Agricultura y sociedad en México: diversidad, enfoques estudios de caso*. México, Plaza y Valdes.
- Goodman, D; Redclift, M. Ed. 1991. *Environment and development in Latin America: the politics of sustainability*. Manchester, Manchester University Press.
- Guijt, I; Kaul Shah, M. Ed. 1998. *The myth of community: gender issues in participatory development*. London, Intermediate technology publications.
- Guzmán-Casado, G; González de Molina, M; Sevilla-Guzmán, E. 1999. *Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible*. Madrid, Mundi-Prensa.
- Hecht, SB. 1995. The evolution of agroecological thought. In Altieri, MA Ed. *Agroecology: the science of sustainable agriculture*. Boulder, CO, Westview Press. p. 1-20.
- Hildebrand, P. 1981. Combining disciplines in rapid appraisal: the sondeo approach. *Agricultural Administration* 8:423-432.
- Hildebrand, P; Poey, F. 1985. *On-farm agronomic trials in farming systems research and extension*. Boulder, CO, Lynne Reiner.
- Holdridge, LR. 1987. *Ecología basada en Zonas de Vida*. San José, Costa Rica, IICA.
- Holland, J; Blackburn, J; Chambers, R. 1998. *Whose voice? : participatory research and policy change*. London, Intermediate Technology.

- Leach, M; Mearns, R. Ed. 1996. The lie of the land: challenging received wisdom on the African environment. Portsmouth, NH, Heinemann.
- Leach, M; Mearns, R; Scoones, I. 1999. Environmental entitlements: dynamics and institutions in community-based natural resource management. *World Development* 27(2):225-247.
- Lok, R. Ed. 1998. Huertos caseros tradicionales de América Central: características, beneficios e importancia, desde un enfoque multidisciplinario. Turrialba, Costa Rica CATIE/AGUILA/IDRC/ETC.
- Long, N. 1992. From paradigm lost to paradigm regained? the case for an actor oriented sociology of development. *In* Long, N; Long, A. Ed. *Battlefields of knowledge: the interlocking of theory and practice in social research and development*. London, Routledge. p. 16-46.
- Long, N; Long, A. Ed. 1992. *Battlefields of knowledge: the interlocking of theory and practice in social research and development*. London, Routledge.
- Long, N; van der Ploeg, JD. 1994. Heterogeneity, actor and structure: towards a reconstruction of the concept of structure. *In* Booth, D. Ed. *Rethinking social development: theory, research and practice*. pp. 62-89. Longman Scientific and Technical: Essex, UK.
- Méndez, VE. 2000. An assessment of tropical homegardens as examples of local sustainable agroforestry systems. *In*. Gliessman, SR Ed. *Agroecosystem sustainability: developing practical strategies*. Boca Raton FL, USA, CRC Press. p. 51-66.
- Méndez, VE. 2002. Traditional shade, rural livelihoods, and conservation in small coffee farms and cooperatives of Western El Salvador. Ph.D. Thesis. Santa Cruz, EUA, Department of Environmental Studies, University of California. (En preparación).
- Méndez, VE; Lok, R; Somarriba, E. 2001. Interdisciplinary analysis of homegardens in Nicaragua: micro-zonation, plant use and socioeconomic importance. *Agroforestry Systems* 51(2):85-96.
- Méndez, VE; Overpeck, D. 2000. Participatory research approaches in natural resource management: literature review summary and annotated bibliography. Environmental Studies Department, University of California. Paper prepared for the Graduate Seminar on Environmental Governance Santa Cruz.
- Mosse, D. 1998. Process oriented approaches to development practice and social research. *In* Mosse, D; Farrington, J; Rew, A. Ed. *Development as process: concepts and methods for working with complexity*. London, Routledge.
- Nair, PKR. 1993. An introduction to agroforestry. Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Press/ICRAF.
- Nair, PKR. 2001. Do tropical homegardens elude science, or is it the other way around? *Agroforestry Systems* 53:239-245.
- National Research Council. 1993. *Sustainable agriculture and the environment in the humid tropics*. Washington, National Academy Press.
- Norgaard, RB; Sikor, TO. 1995. The methodology and practice of agroecology. *In* Altieri, MA. Ed. *Agroecology: the science of sustainable agriculture*. Boulder, USA, Westview Press.
- Peet, R; Watts, M. Ed. 1996. *Liberation ecologies*. London, Routledge.
- Power, AG. 1999. Linking ecological sustainability and world food needs. *Environment, Development and Sustainability* 1:185-196.
- PRISMA. 1995. *El Salvador: dinamica de la degradacion ambiental*. San Salvador, El Salvador PRISMA.
- Redclift, M. 1987. *Sustainable development: exploring the contradictions*. London, UK, Methuen.
- Rocheleau, DE. 1994. Participatory research and the race to save the planet: questions, critique, and lessons from the field. *Agriculture and Human Values* 11 (Spring-Summer):4-25.
- Rocheleau, DE. 1999. Confronting complexity, dealing with difference: social context, content and practice in agroforestry. *In* Buck, LE; Lassoie, JP; Fernandes, ECM. Ed. *Agroforestry in sustainable agricultural systems*. Boca Raton, FL, Lewis. p. 191-236.
- Scoones, I. 1999. The new ecology and the social sciences: what prospects for a fruitful engagement? *Annual Review of Anthropology* 28:479-507.
- Selener, D. 1997. *Participatory action research and social change*. New York, Cornell University Press.
- Thrupp, LA. 1990. Environmental initiatives in Costa Rica: a political ecology perspective. *Society and Natural Resources* 3:243-356.
- Thrupp, LA. 1993. Political ecology of sustainable rural development: dynamics of social and natural resource degradation. *In* Allen, P. Ed. *Food for the future: conditions and contradictions of sustainability*. New York, John Wiley. p. 47-74.
- Tilman, D; Knops, J; Wedin, D; Reich, P; Ritchie, M; Siemann, E. 1997. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science*:1300-1302.
- Tilman, D; Wedin, D; Knops, J. 1996. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. *Nature* 379:718-720.
- Torquebiau, E. 1992. Are tropical agroforestry home gardens sustainable? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 41:189-207.
- Vandermeer, JH. 1995. The ecological basis of alternative agriculture. *Annual Review of Ecological Systems* 26:201-224.
- Woodgate, G. 1991. Agroecological possibilities and organizational limits: some initial impressions from a Mexican case study. *In* Goodman, D; Redclift, M. Ed. *Environment and development in Latin America: the politics of sustainability*. Manchester, Manchester University Press. p. 155-183.
- Zimmerer, KS. 1996. *Changing fortunes: biodiversity and peasant livelihoods in the Peruvian Andes*. Berkeley, USA, University of California Press.

Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales

Miguel A. Altieri¹
Clara Inés Nicholls¹

RESUMEN. Se propone una metodología para estimar la calidad del suelo y la salud de un cultivo, utilizando indicadores sencillos de emplear. Con base en la estimación de estos indicadores, el productor y el investigador pueden determinar el estado agroecológico de la plantación. Con los valores obtenidos para cada indicador se construyen diagramas tipo "ameba", que permiten visualizar el estado general de la calidad del suelo y la salud del cultivo, considerando que mientras más se aproxime la "ameba" al diámetro del círculo (valor 10, óptimo) el sistema es más sostenible. La metodología, aunque fue diseñada para café, es aplicable a otros agroecosistemas. Además permite estimar la sostenibilidad en forma comparativa o relativa, monitoreando la evolución de un mismo agroecosistema a través del tiempo, o comparando dos o más agroecosistemas con diferente manejo o estados de transición.

Palabras clave: Café, Manejo sostenible, Agroecología.

ABSTRACT. A rapid agroecological method for the evaluation of sustainability in coffee plantations. This paper describes a simple methodology to estimate soil quality and crop health as a set of indicators that provide an assessment of the agroecological status of coffee systems. With the obtained ranked values of each indicator, it is possible to design amoebas that allow visualization of the level of soil quality and crop health of each agroecosystem. The methodology involves a participatory activity in which farmers play a key role, and is applicable to a broad range of agroecosystems. It allows to monitor the status of an agroecosystem through time or compare various agroecosystems under various management regimes or undergoing various stages of conversion.

Key Words: Coffee, Sustainable management, Agroecology.

Introducción

Muchos agricultores realizan la conversión del sistema de café convencional de monocultivo, manejado con insumos sintéticos a sistemas más diversificados, que incluyen árboles de sombra, con el objetivo de lograr una producción de calidad, estable en el tiempo y menos dependiente de insumos externos, lo cual reduce los costos de producción y favorece la conservación de los recursos naturales de la finca, tales como suelo, agua y biodiversidad (Altieri 1995).

El objetivo final de los investigadores que desarrollan y promueven técnicas de manejo orgánico, es llegar a diseñar agroecosistemas con gran resistencia a

plagas, buena capacidad de reciclaje y de retención de nutrimentos, así como altos niveles de biodiversidad (Gliessman 1998). Un sistema más diversificado, con un suelo rico en materia orgánica y biológicamente activo es considerado un sistema no degradado, robusto y productivo. En otras palabras, un agroecosistema de café, rico en biodiversidad, la cual, a partir de una serie de sinergismos contribuye con la fertilidad edáfica, la fitoprotección y la productividad del sistema, se considera *sustentable o saludable* (Fernández y Muschler 1999).

Uno de los desafíos que enfrentan tanto agricultores, como extensionistas e investigadores es saber

¹ Universidad de California, Berkeley, California, Estados Unidos. agroeco3@nature.berkeley.edu

¿cuándo un agroecosistema puede ser considerado saludable?, o ¿en qué estado de salud se encuentra, después de que se ha iniciado la conversión a un manejo agroecológico? Los investigadores que trabajan en agricultura sostenible han propuesto una serie de indicadores de sostenibilidad para evaluar el estado de los agroecosistemas (Gómez *et al.* 1996, Masera *et al.* 1999). Algunos indicadores consisten en observaciones o mediciones que se realizan a nivel de finca para determinar la fertilidad y conservación del suelo y si las plantas están sanas, vigorosas y productivas.

En este artículo se presenta una metodología para el diagnóstico de la calidad del suelo y la salud del cultivo en plantaciones de café usando indicadores sencillos. Se utilizan indicadores específicos para los cafetales de la zona de Turrialba, Costa Rica, aunque con algunas modificaciones, esta metodología puede ser aplicada a una gran diversidad de agroecosistemas en otras regiones. Los indicadores utilizados se seleccionaron porque son fáciles y prácticos de utilizar por los agricultores. Además, son precisos y fáciles de interpretar, sensitivos a los cambios ambientales y al impacto de las prácticas de manejo sobre el suelo y el cultivo, integran propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y pueden relacionarse con procesos del ecosistema, por ejemplo determinan la relación entre diversidad vegetal y estabilidad de poblaciones de plagas (Altieri 1994).

No hay duda de que muchos productores de café poseen sus propios indicadores para estimar la calidad del suelo o el estado fitosanitario de su cultivo. Algunos reconocen ciertas malezas que indican, por ejemplo, la presencia de un suelo ácido o infértil. Para otros, la presencia de lombrices de tierra es un signo de un suelo vivo, y el color de las hojas refleja el estado nutricional de las plantas. En una zona como Turrialba, se podría compilar una larga lista de indicadores locales. No obstante, muchos de estos indicadores son específicos para un sitio y cambian de acuerdo al conocimiento de los agricultores o a las condiciones de cada finca, por lo cual dificultan las comparaciones entre fincas.

Ante esta situación, se seleccionaron indicadores de calidad de suelo y de salud del cultivo, relevantes para los agricultores y las condiciones biofísicas de los cafetales de la zona de Turrialba. Con la definición de estos indicadores, el procedimiento para evaluar la sostenibilidad es similar, independientemente de la diversidad de situaciones que existen en las fincas de la región. La *sostenibilidad* se define entonces como un

conjunto de requisitos agroecológicos que deben ser satisfechos por cualquier finca, independiente de las diferencias en manejo, nivel económico, posición en el paisaje, etc. Como todas las mediciones realizadas se basan en los mismos indicadores, los resultados son comparables, facilitando el estudio de cada agroecosistema a través del tiempo, o comparaciones entre fincas en varios estados de transición. Quizás lo más importante, es que una vez aplicados los indicadores, cada agricultor puede visualizar el estado de su finca, determinando para cada atributo del suelo o de las plantas, el estado con relación a un umbral preestablecido. Cuando la metodología se aplica en varias fincas, resulta muy útil para los agricultores porque les permite comprender las razones por las cuales algunas fincas tienen una respuesta ecológica superior a otras, y que medidas implementar para mejorar aquellos aspectos en que los indicadores mostraron valores bajos.

Los indicadores de sostenibilidad

Una vez definidos los requerimientos de sostenibilidad de los cafetales (diversidad de cultivos, cobertura de suelo, cantidad adecuada de materia orgánica, baja incidencia de plagas, entre otros), se seleccionaron diez indicadores de calidad de suelo y diez de salud del cultivo. Estos indicadores fueron discutidos con los miembros de la Asociación de Productores Orgánicos de Turrialba (APOT) y validados en cinco fincas de productores miembros de esa asociación APOT. Esta evaluación fue realizada por los autores y por 18 profesionales que atendieron un curso internacional de agroecología realizado en CATIE, Turrialba en agosto del 2001.

Cada indicador se estima en forma separada y se le asigna un valor de 1 a 10 (siendo 1 el valor menos deseable, 5 un valor medio y 10 el valor deseado) de acuerdo a las características que presenta el suelo o el cultivo, y los atributos a evaluar para cada indicador (Cuadro 1). Por ejemplo, en el caso del indicador estructura de suelo, se asigna un valor de 1 a suelos polvosos, sin gránulos (o agregados) visibles, un valor de 5 a suelos con cierta estructura granular, y cuyos gránulos se rompen con una presión suave de los dedos, y valor 10 a suelos granulosos, con agregados que mantienen su forma aún después de humedecidos y sometidos a una presión leve. Los valores entre 1 y 5 o 5 y 10 se asignan según las características observadas. Cuando un indicador no aplica para la situación, no se evalúa, o si es necesario, se reemplaza por otro que el investigador y el agricultor estimen más relevante.

Cuadro 1. Indicadores de calidad de suelo y salud de las plantas en cafetales, con sus características y valores correspondientes

Característica y valor establecido*	Valor campo
CALIDAD DE SUELO	
1. Estructura	
Suelo polvoso, sin granulos visibles (1)	
Suelo suelto con pocos granulos que se rompen al aplicar presión suave (5)	
Suelo friable y granular, los agregados, mantienen la forma después de aplicar presión suave, aún humedecidos (10)	
2. Compactación e infiltración	
Compacto, se anega (1)	
Presencia de capa compacta delgada, el agua se infiltra lentamente (5)	
Suelo no compacto, el agua se infiltra fácilmente (10)	
3. Profundidad del suelo	
Subsuelo casi expuesto (1)	
Suelo superficial delgado, con menos de 10 cm (5)	
Suelo superficial más profundo, con más de 10 cm (10)	
4. Estado de residuos	
Presencia de residuos orgánicos que no se descomponen o lo hacen muy lentamente (1)	
Se mantienen residuos del año anterior, en proceso de descomposición (5)	
Residuos en varios estados de descomposición, residuos viejos bien descompuestos (10)	
5. Color, olor y materia orgánica	
Suelo pálido, con mal olor o químico, y no se observa la presencia de materia orgánica o humus (1)	
Suelo pardo claro o rojizo, con poco olor y con algún grado de materia orgánica o humus (5)	
Suelo de negro o pardo oscuro, con olor a tierra fresca, se nota presencia abundante de materia orgánica y humus (10)	
6. Retención de humedad	
Suelo se seca rápido (1)	
Suelo permanece seco durante la época seca (5)	
Suelo mantiene humedad durante la época seca (10)	
7. Desarrollo de raíces	
Raíces poco desarrolladas, enfermas y cortas (1)	
Raíces con crecimiento limitado, se observan algunas raíces finas (5)	
Raíces con buen crecimiento, saludables y profundas, con abundante presencia de raíces finas (10)	
8. Cobertura de suelo	
Suelo desnudo (1)	
Menos de 50 % del suelo cubierto por residuos, hojarasca o cubierta viva (5)	
Más del 50 % del suelo con cobertura viva o muerta (10)	
9. Erosión	
Erosión severa, se nota arrastre de suelo y presencia de cárcavas y canalillos (1)	
Erosión evidente, pero poca (5)	
No hay mayores señales de erosión (10)	
10. Actividad biológica	
Sin signos de actividad biológica, no se observan lombrices o invertebrados (insectos, arañas, centípedos, etc.) (1)	
Se observan algunas lombrices y artrópodos (5)	
Mucha actividad biológica, abundantes lombrices y artrópodos (10)	
Promedio calidad de suelo	Valor campo

* Valor establecido (calculado en puntos) entre paréntesis.

SALUD DEL CULTIVO

11. Apariencia

- Cultivo clorótico o descolorido, con signos severos de deficiencia de nutrimentos (1)
- Cultivo verde claro, con algunas decoloraciones (5)
- Follaje verde intenso, sin signos de deficiencia (10)

12. Crecimiento del cultivo

- Cultivo poco denso, de crecimiento pobre. Tallos y ramas cortas y quebradizas.
- Muy poco crecimiento de nuevo follaje (1)
- Cultivo más denso, pero no uniforme, con crecimiento nuevo y con ramas y tallos aún delgados (5)
- Cultivo denso, uniforme, buen crecimiento, con ramas y tallos gruesos y firmes (10)

13. Resistencia o tolerancia a estrés (sequía, lluvias intensas, plagas, etc.)

- Susceptibles, no se recuperan bien después de un estrés (1)
- Sufren en época seca o muy lluviosa, se recuperan lentamente (5)
- Soportan sequía y lluvias intensas, recuperación rápida (10)

14. Incidencia de enfermedades

- Susceptible a enfermedades, más del 50 % de plantas con síntomas (1)
- Entre 20-45% de plantas con síntomas de leves a severos (5)
- Resistentes, menos del 20% de plantas con síntomas leves (10)

15. Competencia por malezas

- Cultivos estresados dominados por malezas (1)
- Presencia media de malezas, cultivo sufre competencia (5)
- Cultivo vigoroso, se sobrepone a malezas, o malezas chapeadas no causan problemas (10)

16. Rendimiento actual o potencial

- Bajo con relación al promedio de la zona (1)
- Medio, aceptable con relación al promedio de la zona (5)
- Bueno o alto, con relación al promedio de la zona (10)

17. Diversidad genética **

- Pobre, domina una sola variedad de café (1)
- Media, dos variedades (5)
- Alta, más de dos variedades (10)

18. Diversidad vegetal

- Monocultivo sin sombra (1)
- Con solo una especie de sombra (5)
- Con más de dos especies de sombra, e incluso otros cultivos o malezas dominantes (10)

19. Diversidad natural circundante

- Rodeado por otros cultivos, campos baldíos o carretera (1)
- Rodeado al menos en un lado por vegetación natural (5)
- Rodeado al menos en un 50 % de sus bordes por vegetación natural (10)

20. Sistema de manejo

- Monocultivo convencional, manejado con agroquímicos (1)
- En transición a orgánico, con sustitución de insumos (5)
- Orgánico diversificado, con poco uso de insumos orgánicos o biológicos (10)

PROMEDIO SALUD DEL CULTIVO

* Aunque la presencia de mayor número de variedades de café significa mayor diversidad genética, podría ser que algunas de estas variedades sean altamente susceptibles a determinado patógeno o que la calidad de algunas para bebida no sea buena o posea algunas características no deseables.

También a medida que el usuario se familiariza con la metodología, las observaciones se pueden hacer más detalladas, usando algunos instrumentos adicionales. Por ejemplo, en el caso del indicador 10 de calidad de suelo, además de observar directamente signos de actividad biológica como presencia de invertebrados y lombrices, es posible aplicar un poco de agua oxigenada a una muestra de suelo y observar el grado de efervescencia. Si hay poca o ninguna efervescencia es porque el suelo tiene poca materia orgánica y poca actividad microbiana. Cuando hay bastante efervescencia, es porque el suelo es rico en materia orgánica y en vida microbiana. También si después de la adición de unas 2-3 gotas de ácido hidroclicórico no hay efervescencia, probablemente se deba a que no hay carbonatos en el suelo, un aspecto importante para estimar la calidad de suelo.

Los indicadores de salud del cultivo se refieren a la apariencia del cultivo, al nivel de incidencia de enfermedades, la tolerancia del cultivo al estrés (sequía u otros factores) y a las malezas, crecimiento del cultivo y de las raíces, así como rendimiento potencial. Las observaciones sobre niveles de diversidad vegetal (cantidad de especies de árboles de sombra, e incluso malezas dominantes), diversidad genética (cantidad de variedades de café), diversidad de la vegetación natural circundante, y tipo de manejo del sistema (por ejemplo, en transición a orgánico, con mucho o poco uso de insumos externos) se hacen para evaluar el estado de la infraestructura ecológica del cafetal, asumiendo que un cafetal con mayor diversidad vegetal y genética, un manejo diversificado que aprovecha las sinergias de la biodiversidad y que está rodeado por vegetación natural tiene condiciones de entorno más favorables para la sostenibilidad (Guharay *et al.* 2001).

Después de asignar los valores a cada indicador, se suman y se divide entre el número de indicadores evaluados, y se obtiene el promedio para la calidad de suelo y la salud del cultivo. Las fincas con valores de calidad de suelo y/o de salud del cultivo inferiores a 5 se encuentran por debajo del *umbral de sostenibilidad*, y por lo tanto requieren un manejo que permita mejorar los aspectos en que los indicadores tienen valores bajos. Los valores de los indicadores son más fáciles de observar si se grafican los resultados de cada finca en una figura tipo "ameba". Esto permite visualizar el estado general de la calidad del suelo o la salud del cultivo, considerando que mientras más se aproxime la "ameba" al diámetro del círculo (valor 10) más sostenible es el sistema. La "ameba" permite

también observar en que aspectos hay debilidades (valores menores a 5), lo cual permite priorizar el tipo de intervenciones agroecológicas necesarias para corregir ciertos atributos del suelo, del cultivo o del agroecosistema. En ocasiones, la intervención para corregir un atributo, por ejemplo incrementando la diversidad de especies o el nivel de materia orgánica en el suelo, es suficiente para corregir otros atributos. La adición de materia orgánica, además de incrementar la capacidad de almacenamiento de agua, puede aumentar la actividad biológica del suelo, lo que a su vez puede mejorar la estructura del suelo.

Los promedios de varias fincas se pueden graficar, permitiendo visualizar el estado de las fincas en relación al umbral 5 de calidad de suelo y salud de cultivo (Fig. 1). Esto permite identificar las fincas que presentan promedios altos. Las fincas cuyos valores son más altos son consideradas "*faros agroecológicos*", en los cuales se pueden estudiar las interacciones y sinergismos ecológicos que explican el adecuado funcionamiento del sistema. El aspecto clave no es que los agricultores copien las técnicas que usa el agricultor en la finca "faro", sino que emulen los procesos e interacciones promovidos por la infraestructura ecológica de esa finca, que conllevan al éxito del sistema desde el punto de vista de calidad de suelo y salud fitosanitaria. Puede ser que en la finca "faro" la clave es la alta actividad biológica o la cobertura viva del suelo. Los agricultores de otras fincas cercanas no necesariamente tienen que usar el mismo tipo de compost o cobertura que el agricultor de la finca "faro", sino técnicas que estén a su alcance y que optimicen los mismos procesos.

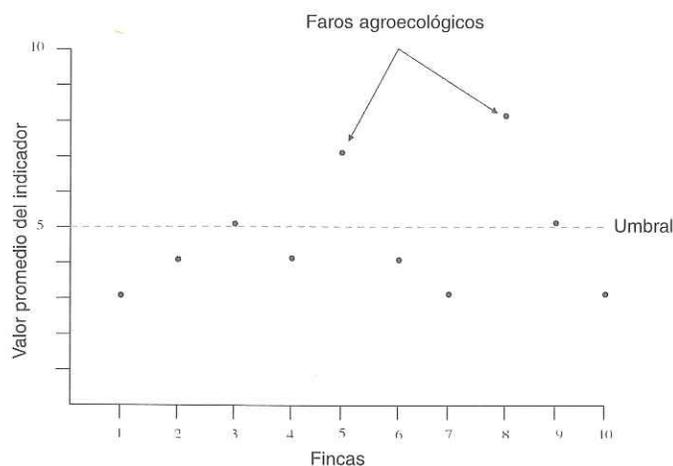


Figura 1. Comparación de promedios combinados de índices de calidad de suelo y salud de cultivos en varios cafetales en Turrialba, Costa Rica. Se destacan las fincas faros.

Estudios de caso

Finca del Sr. Guillermo Campos

Un grupo de seis agrónomos visitaron la finca del Sr. Campos, ubicada en San Juan Sur, Turrialba. La visita se realizó el 23 de agosto del 2001 y tuvo una duración de 4 horas. Durante esta visita, los agrónomos y el agricultor aplicaron la metodología para estimar la calidad de suelo y salud del cultivo en dos secciones de la finca: un cafetal con sombra (principalmente poro y plátanos) manejado orgánicamente durante los últimos 4 años y un cafetal convencional (sin sombra) con dos años de transición a orgánico. El cuadro 2 presenta los valores asignados a cada indicador. El sistema convencional presenta un promedio de 5,7 para calidad de suelo y de 4,4 para salud del cultivo. El sistema orgánico presenta promedios positivos en cuanto a calidad de suelo (9,5) y un poco más bajos en lo que respecta a la salud del cultivo (7,5) aunque siempre fueron superiores a los valores alcanzados por el sistema convencional.

La comparación de la calidad de suelo en las dos secciones evaluadas en la finca del Sr. Campos, muestra que el cafetal orgánico tiene mejor calidad de suelo con respecto al que está en transición a orgánico (Fig. 2). La metodología además permite determinar que este último cafetal requiere mejoras como uso de cobertura de suelo, incremento de la actividad biológica y condiciones edáficas para optimizar el desarrollo radicular.

En cuanto a salud del cultivo, los dos agroecosistemas requieren intervenciones claves para incrementar la diversidad genética y de especies, así como diversificación de los linderos del cafetal, aunque el cafetal en transición requiere prácticas adicionales para mejorar el vigor y apariencia del café y disminuir la incidencia de enfermedades como el ojo de gallo (Fig. 3).

Después de este diagnóstico, los agrónomos y el agricultor discutieron los problemas en la plantación de café en transición que el productor consideraba prioritarios y el tipo de intervenciones a realizar para superar tales limitantes. Entre las opciones discutidas se destacan: el trazado de curvas de nivel e incremento de la cobertura del suelo, uso de otros tipos de abono orgánico, tales como fermentados y lombricompost, diversificación de las especies de sombra, sembrar cercas vivas alrededor del cafetal y establecer un banco de forraje para lograr la integración de animales, lo cual permite el reciclaje de biomasa y producción *in-situ* de boñiga.

Cuadro 2. Valores asignados a los indicadores de calidad de suelo y salud de cultivo en un cafetal orgánico y otro en transición en la finca del Sr. Guillermo Campos, en San Juan Sur, Turrialba, Costa Rica.

Indicadores	Valor	
	Orgánico	Transición
Calidad del suelo		
1. Estructura y textura	10	9
2. Compactación e infiltración	10	7
3. Profundidad del suelo	10	10
4. Estado de residuos	9	6
5. Color, olor y materia orgánica	8	6
6. Retención de humedad	10	5
7. Desarrollo de raíces	9	4
8. Cobertura del suelo	10	3
9. Erosión	10	5
10. Actividad biológica	9	3
Promedio	9,5	5,8
Salud del cultivo		
1. Apariencia	10	4
2. Crecimiento del cultivo	9	1
3. Tolerancia al estrés	9	3
4. Incidencia de enfermedades	10	5
5. Competencia por malezas	9	5
6. Rendimiento actual/potencial	10	6
7. Diversidad genética	1	8
8. Diversidad vegetal	5	2
9. Diversidad natural circundante	4	4
10. Sistema de manejo	8	4
Promedio	7,5	4,2

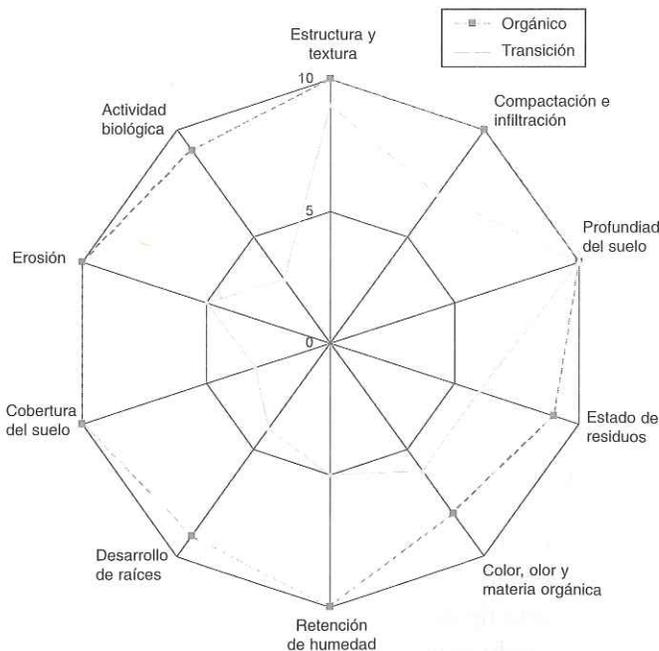


Figura 2. "Ameba" representativa del estado de calidad de suelo de dos cafetales en la finca del Sr. Guillermo Campos, en San Juan Sur, Turrialba, Costa Rica.

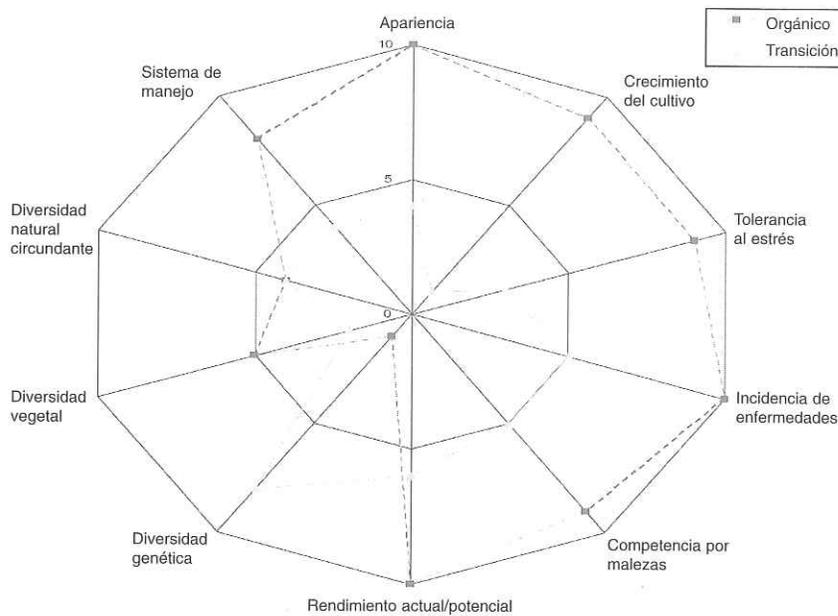


Figura 3. "Ameba" representativa del estado de salud de cultivo en dos cafetales en la finca del Sr. Guillermo Campos en San Juan Sur, Turrialba, Costa Rica.

Comparación entre fincas

Otro equipo de agrónomos participantes en el curso de Agroecología realizó un diagnóstico de dos fincas de café aledañas, ubicadas en Chitaría de Turrialba.

- La finca del Sr. Germán Mora, posee un cafetal en transición a orgánico, con sombra de laurel, poro y plátano, y en algunas secciones de la plantación tiene maíz y frijol intercalado con el café. Además posee un establo con cinco vacas y la boñiga es usada directamente como abono o como insumo para preparar abonos foliares fermentados. La finca está rodeada, casi en su totalidad, por bosque secundario.
- La finca del Sr. Edgar Rodríguez posee un cafetal en transición a orgánico, con sombra rala de poro, rodeada en un lado por bosque natural y en el otro por otros cafetales convencionales.

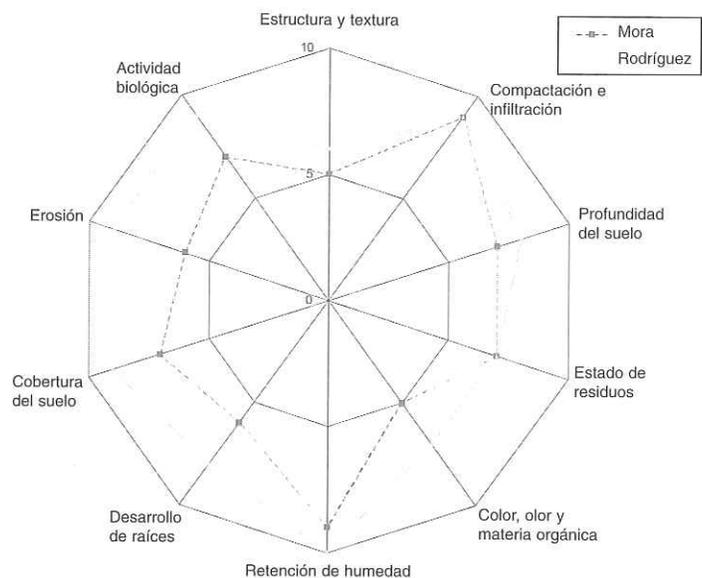


Figura 4. Comparación de indicadores de calidad de suelo de dos cafetales en transición a orgánico en Chitaría, Turrialba.

Como se observa en la figura 4, en las plantaciones de café de las dos fincas, los valores para los indicadores de calidad de suelo fueron superiores al umbral (Fig. 4), aunque los valores de la finca del Sr. Rodríguez fueron mayores debido, principalmente, a que el suelo es más rico en materia orgánica y tiene mayor cobertura.

En ambas fincas, los valores de los indicadores de salud del cultivo también son mayores, en la mayoría de los casos al umbral (5), destacándose la finca del Sr. Mora por poseer mayor diversidad genética, de especies y un entorno más diversificado, lo que posiblemente explica la menor incidencia de enfermedades (Fig. 5).

En las reuniones con los agricultores se discutie-

ron varias opciones de manejo para incrementar los valores de algunos indicadores observados. En el caso de la finca del Sr. Mora se recomendó establecer zanjas de infiltración, sembrar cultivos de cobertura para ser utilizados como abono verde en áreas erosionadas y diversificar con árboles frutales y cultivos anuales en áreas de la finca donde sea posible.

Las recomendaciones para la finca del Sr. Rodríguez fueron iniciar la producción del lombricompost, introducir animales, como pollos para la producción de estiércol y diversificar la finca, plantando árboles frutales y cultivos anuales con valor comercial.

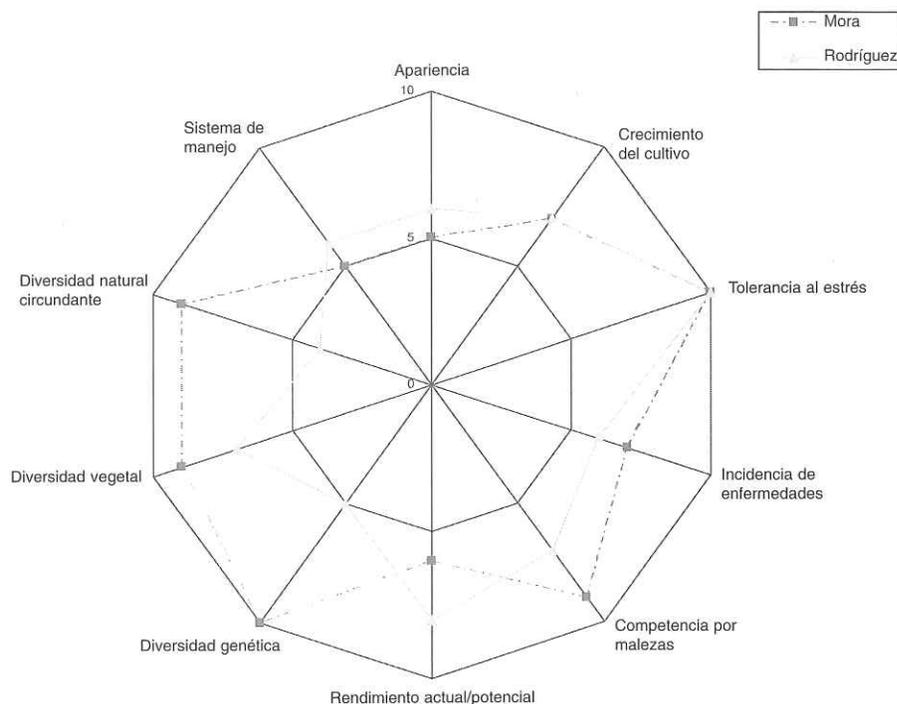


Figura 5. Comparación de indicadores de salud de cultivo en dos cafetales en transición a orgánico en Chitaría, Turrialba, Costa Rica.

Consideraciones finales

Actualmente, la estimación de la sostenibilidad de los agroecosistemas es una preocupación prioritaria de muchos investigadores agrícolas. Se han propuesto muchas listas de atributos para evaluar la productividad, estabilidad, resiliencia, y adaptabilidad de agroecosistemas (Masera *et al.* 1999), pero existen pocas metodologías rápidas y sencillas, que usen pocos indicadores y que puedan ser utilizadas por agricultores con el propósito de determinar el estado de sus agroecosistemas. Además esto les permitiría tomar decisiones de manejo para superar las limitantes detectadas.

La metodología presentada es una herramienta preliminar para evaluar la sostenibilidad de cafetales de acuerdo a valores asignados a calidad de suelo y salud del cultivo. Esta metodología involucra una actividad participativa y es aplicable a una amplia gama de agroecosistemas en una serie de contextos geográficos

Literatura citada

Altieri, MA. 1995 Agroecology: the science of sustainable agriculture. Westview Press, Boulder.
 Fernández, CE; Muschler, R. 1999 Aspectos de sostenibilidad de los sistemas de cultivo de café en América Central. In Desafíos de la caficultura en Centroamérica. Bertrand, B Ed. San José, Costa Rica, IICA-PROMECAFE-CIRAD.
 Gliessman, SR. 1998 Agroecology: ecological processes in sustainable agriculture. Michigan, Ann Arbor Press.

y socioeconómicos, siempre y cuando, se reemplacen algunos indicadores por otros que sean relevantes para el agroecosistema a evaluar.

La metodología permite medir la sostenibilidad en forma *comparativa* o *relativa*, ya sea comparando la evolución de un mismo sistema a través del tiempo, o comparando dos o más agroecosistemas con diferentes manejos y/o estados de transición. La comparación de varios sistemas permite a los agricultores identificar los sistemas *más saludables*. Los sistemas que sobresalen se convierten en una especie de faros demostrativos, donde los agricultores e investigadores intentan descifrar los procesos e interacciones ecológicas que posiblemente explican el mejor comportamiento de estos sistemas. Esta información después se traduce a prácticas específicas que optimizan los procesos deseados en los cafetales que exhiben valores promedios por debajo del umbral.

Gómez, AA; Sweete, DE; Syers, JK; Coughlan, KJ. 1996. Measuring sustainability of agricultural systems at the farm level. In Methods for assessing soil quality. SSSA Special Pub. 49, Madison, Wisconsin.
 Guharay, F; Monterroso, D; Staver, C. 2001 El diseño y manejo de la sombra para la supresión de plagas en cafetales de América Central. Agroforestería en las Américas (Costa Rica) 8: 22-29.
 Masera, O; Astier, M; López-Ridaura, S. 1999 Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: el marco de evaluación MES-MIS. Mexico, Mundiprensa.

Los geminivirus, patógenos de importancia mundial

Claudia Zúñiga-Vega¹

Pilar Ramírez²

RESUMEN. Actualmente, América Latina ha sido la región más afectada por el complejo geminivirus-mosca blanca, tanto por el número de cultivos afectados como por las pérdidas por cosecha y el área agrícola devastada. Las infecciones por geminivirus dentro de los agroecosistemas son dinámicas, porque son interacciones complejas que involucran factores diversos que son cambiantes, como: los geminivirus, los sistemas de producción, el ambiente y los biotipos del vector. Por tanto, la identificación de geminivirus debe ser un proceso permanente, dado que los nuevos patógenos requieren cambios continuos en las estrategias de manejo. En esta revisión se analiza la organización del genoma en *Begomovirus*, la multiplicación general y estrategias de transcripción viral, así como la diversidad filogenética y las hipótesis más recientes que intentan explicar la variabilidad molecular de estos patógenos. También se revisa la transmisión por el insecto vector y el uso de técnicas moleculares como herramientas para el diagnóstico y caracterización de los geminivirus. Se incluyen además estrategias por ingeniería genética para el manejo del complejo geminivirus-mosca blanca.

Palabras clave: Geminivirus, América Latina, Diversidad molecular, Diagnóstico molecular, Ingeniería genética.

ABSTRACT. Geminivirus, pathogens of worldwide importance. At present, Latin America has been the region most affected by the whitefly-geminivirus complex, both by number of crops affected and by yield losses, and the agricultural area devastated. Infections by geminivirus within agrosystems are dynamic, because they are complex interactions that involve various factors that can change, such as: the geminivirus, the systems of production, the environment and the biotypes of the vector. For this reason, identification of the virus must be a permanent process, given that new pathogens will require continuous change in management strategies. In this review the organization of the genome in *Begomovirus*, general multiplication and viral transcription strategies as well as phylogenetic diversity and the most recent hypotheses that try to explain the molecular diversity of these pathogens, is analyzed. Also transmission by the insect vector and the use of molecular techniques as tools for identification and characterization of geminivirus, are reviewed. Furthermore, genetic engineering strategies for the management of the geminivirus-whitefly complex are included.

Key words: Geminivirus, Latin America, Molecular diversity, Molecular diagnosis, Genetic engineering.

Introducción

Desde 1986, varios cultivos en América Central y el Caribe se han visto afectados por geminivirus, transmitidos por la mosca blanca *Bemisia tabaci*, Gennadius (Homoptera: Aleyrodidae). En la actualidad, Latinoamérica ha sido la región más afectada por el complejo geminivirus-mosca blanca, tanto por el número de cultivos afectados como por las pérdidas de cosecha y el área agrícola devastada. Millones de kilómetros cuadrados de tierra apta para la agricultura, en 20 países, sufren el ataque de más de treinta geminivirus (Morales y Anderson 2001). Por décadas, los

geminivirus y su insecto vector coexistieron en esta región geográfica, sin afectar seriamente las especies de plantas cultivadas, pero actualmente, este complejo es considerado "la plaga del siglo" (Morales y Anderson 2001).

B. tabaci ha causado problemas como plaga directa o como vector de geminivirus, en al menos 17 cultivos, tanto de consumo básico (frijol, tomate, chile dulce, ayote), como industrial y de exportación (algodón, soya, melón entre otros); por lo que muchos agricultores se han visto forzados a abandonar sus cultivos (Hilje 1995, 1998).

¹ Escuela de Biología del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. czuniga@itcr.ac.cr

² Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. pramirez@cibem.ucr.ac.cr

Las infecciones por geminivirus dentro del agroecosistema son dinámicas, porque son interacciones complejas que involucran diversos factores cambiantes, tales como los geminivirus, los sistemas de producción, el ambiente y los biotipos del vector (Maxwell 2001)³. Por ejemplo dentro de los sistemas productivos pueden variar las plantas hospedantes, las prácticas de manejo y los tipos de insecticidas. También pueden variar la variación en los biotipos del vector y los tipos de geminivirus por introducción accidental, como es el caso del virus del rizado amarillo del tomate (*Tomato yellow leaf curl virus*, TYLCV) introducido desde el Mediterráneo a República Dominicana, el cual ha llegado a sustituir el virus nativo (Nakhla *et al.* 1994, Czosnek y Laterrot 1997).

Las recientes epidemias causadas por geminivirus son el producto de una conjunción de factores como plantas, insecto-vector y virus. Tales epidemias resultan de la coinfección de diferentes begomovirus en la misma planta, lo que induce la aparición de mayor variación viral. En estos patrones de variación y evolución, estos virus se diferencian de los virus de plantas con genoma ARN (Harrison y Robinson 1999).

Entre las hipótesis que intentan explicar la aparición de nuevos virus, Brown *et al.* (1999) señalan que podría estar relacionada con el aumento en las prácticas agrícolas y con el surgimiento de poblaciones de *B. tabaci* del biotipo B; mientras Hammond *et al.* (1999) indican que podría deberse al paso de una población viral hacia una especie diferente de hospedante o hacia un nuevo ecosistema. También se ha sugerido la recombinación como un factor poderoso en la evolución de los geminivirus transmitidos por mosca blanca (Gilbertson *et al.* 1993), la cual se demostró que ocurrió naturalmente entre los geminivirus que atacan la yuca en Uganda (Zhou *et al.* 1997).

La variación genómica de los geminivirus es el resultado de mutaciones amplificadas por la adquisición de componentes extra del ADN, pseudorecombinación (Hou y Gilbertson 1996, Hou *et al.* 1998) y recombinación, ambas intraespecíficas e interespecíficas entre diferentes geminivirus de la misma región geográfica (Harrison *et al.* 1997, Harrison y Robinson 1999).

Otros autores consideran que la proliferación y diseminación rápida de los geminivirus transmitidos por moscas blancas en América Latina es consecuencia de cambios drásticos en los sistemas de cultivos (Morales y Anderson 2001).

Por tanto, la identificación de geminivirus debe ser un proceso permanente y continuo, porque los nuevos patógenos requieren cambios continuos en las estrategias de manejo, debido a que la eficiencia de transmisión de los mismos por los insectos vectores también cambia. Además, las variedades de cultivos involucrados podrían presentar diferentes respuestas a los nuevos virus.

Estudios recientes muestran que las diferencias biológicas de la población del vector pueden influenciar la diseminación de los geminivirus en los cultivos y en las plantas silvestres (Brown 2000).

Aunque es difícil de cuantificar el impacto económico de las infecciones causadas por el complejo mosca blanca-geminivirus en la producción agronómica, las pérdidas alcanzan millones de dólares. La severidad de dichas infecciones ha aumentado en los últimos años (Blair *et al.* 1995, Brown y Bird 1992, Cohen y Antignus 1994, Hanson y Maxwell 1999, Mehta *et al.* 1994a, 1994b, Navot *et al.* 1992). Según Polston y Anderson (1997) han llegado a ser el grupo principal de patógenos de hortalizas en el subtrópico y trópico del hemisferio Occidental.

Además, debe sumarse el aumento en los costos de producción, ocasionados principalmente por el incremento en el uso de insecticidas; los cuales se utilizan en forma indiscriminada, y las aplicaciones se hacen con mucha frecuencia. Esto causa riesgos de residuos en los alimentos y el agua, de intoxicaciones de personas y animales, de disminución de resistencia y de enemigos naturales del insecto vector, cuyo valor es prácticamente imposible de cuantificar (Hilje 1995, 1998).

En esta revisión se analiza la biología molecular, la diversidad filogenética y el uso de técnicas moleculares como herramientas para el diagnóstico y caracterización de los geminivirus.

Conceptos y fundamentos

Clasificación taxonómica

Los geminivirus comprenden una numerosa y diversa familia (Geminiviridae) de virus de plantas, cuyo genoma es un ADN simple banda (sb), que se duplica usando moléculas intermediarias de ADN doble banda (db) dentro de las células vegetales infectadas (Bridson y Markham 1995). Los viriones están constituidos por un par de icosaedros y cada uno consta de 110 subunidades de proteína de cubierta, de 29-30kD cada una. Estos virus contribuyen sólo con unos po-

³ Maxwell, D. 2001. Comunicación personal. Department of Plant Pathology. University of Madison. Wisconsin.

cos factores para su duplicación y transcripción y son dependientes de las ARN y ADN polimerasas nucleares de la planta hospedante (Hamilton *et al.* 1983, Harrison 1985, Davies y Stanley 1989, Bisaro *et al.* 1990, Fauquet y Fargette 1990, Lazarowitz 1992, Mayo y Martelli 1993, Fontes *et al.* 1994b, Laufs *et al.* 1995).

Los geminivirus se clasifican en tres géneros, previamente denominados subgrupos, que se caracterizan por el tipo de insecto vector, las plantas hospedantes y la estructura del genoma que poseen (Rybicki 1994, Padidam *et al.* 1995). Los géneros son:

Mastrevirus: Tienen genoma monopartita y son transmitidos por saltahojas a plantas monocotiledóneas. El virus del estriado del maíz (*Maize streak virus*, MSV) representa a este género (Bock 1974, Harrison *et al.* 1977, Rybicki y Huges 1990).

Curtovirus: Poseen genoma monopartita y son transmitidos por saltahojas a plantas dicotiledóneas. El virus del encrespamiento apical de la remolacha (*Beet curly top virus*, BCTV) es el representante de este género (Briddon *et al.* 1989, Mumford 1974).

Begomovirus: Presentan genomas bipartitas ADN A y ADN B, excepto algunos aislamientos del TYLCV (Navot *et al.* 1991) y son transmitidos por la mosca blanca *B. tabaci* a plantas dicotiledóneas. El virus del mosaico dorado del frijol (*Bean golden mosaic virus*, BGMV) es el representante de este género (Gálvez y Castaño 1976). En América Latina, la mayoría de los geminivirus encontrados pertenecen al género Begomovirus y son bipartitas. Sin embargo, recientemente se ha informado de la presencia de begomovirus monopartitas.

Organización del genoma de los Begomovirus

Los begomovirus bipartitas tienen genomas de ADN (ADN viral A y B) de simple banda de 2,5 a 3 kb y presentan genes tanto en las bandas virales (V) como en las bandas complementarias (C), producto de la duplicación. Se localizan cinco genes en la molécula de ADN A (AC1, AC2, AC3, AC4, AV1) y dos genes en la molécula de ADN B (BC1, BV1) (Davies y Stanley 1989, Lazarowitz 1992, Hanley-Bowdoin *et al.* 1999) (Fig.1). De manera similar a lo que ocurre en el virus del simio (*Simian vacuolating virus*, SV40) y otros virus ADN, los genes localizados en la banda complementaria se expresan temprano en el ciclo de vida del patógeno y los que están en la banda viral, en forma tardía (Xiong 1998). Los begomovirus monopartitas tienen un genoma de 2,7-2,8 kb.

Se utilizan varias nomenclaturas para nombrar los genes de los geminivirus (Cuadro 1):

- La que indica si los genes están localizados en el ADN encapsidado en el virión (V), o en la banda complementaria de ADN (C) y si están en el componente A o B.
- La que se refiere a la posición del gen con respecto al extremo 5' de la región intergénica, que puede ser a la derecha (R) o izquierda (L) y si se localizan en el componente A o B.
- Actualmente también el gen AL1 se designa como *rep*, el AL2 como *trap*, el AL3 como *ren*, el AV1 como *cp*, el BC1 como *mp* y el BV1 como *nsp*.

Una vez que el virus es inoculado en la planta por el insecto vector, se despoja de la proteína de cubierta y alcanza el núcleo celular; donde sintetiza la banda complementaria a partir de la banda viral que ingresó a la célula vegetal. Esta síntesis se realiza completamente con la maquinaria de multiplicación del hospedante y utilizando un imprimador de una secuencia

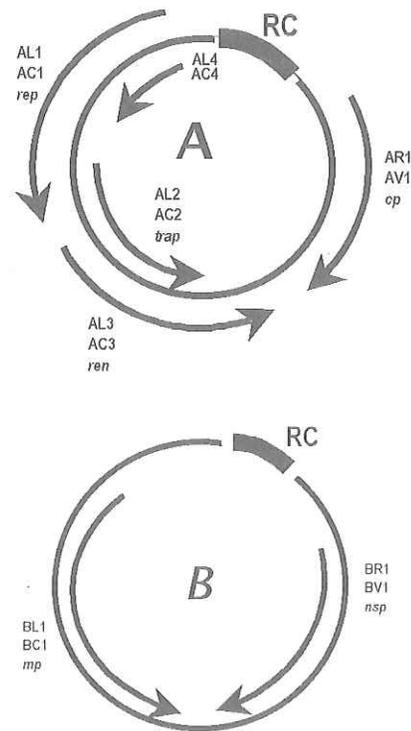


Figura 1. Esquema que representa la organización del genoma de *Begomovirus*. Se indica la región común (RC) o región intergénica que está conservada en los componentes A y B. Las flechas representan la localización de los genes, las diferentes nomenclaturas que se utilizan para denominarlos y la dirección de la transcripción.

Cuadro 1. Nomenclatura, localización, sentido de la transcripción y función de los genes de *Begomovirus* bipartitas.

Nomenclatura		Función		Localización	Sentido de la transcripción
AC1	AL1	<i>rep</i>	Duplicación del ADN	Componente A	Complementario
AC2	AL2	<i>trap</i>	Transactivación de AV1 y BV1	Componente A	Complementario
AC3	AL3	<i>ren</i>	Incrementa la eficiencia de la multiplicación	Componente A	Complementario
AC4	AL4		No se conoce	Componente A	Complementario
AV1	AR1	<i>cp</i>	Proteína de cubierta	Componente A	Viral
BC1	BL1	<i>mp</i>	Movimiento del virus de célula a célula por plasmodesmos	Componente B	Complementario
BV1	BR1	<i>nsp</i>	Movimiento del virus hacia afuera del núcleo	Componente B	Viral

corta de ribonucleótidos, complementario a nucleótidos localizados en la región común (Xiong 1998). Esto le permitirá al virus expresar los genes que se localizan en la banda complementaria, multiplicarse por medio del mecanismo del círculo rodante y posteriormente expresar los genes situados en la banda viral, para continuar con su ciclo de vida.

El ADN A codifica para las proteínas necesarias para la multiplicación (Elmer *et al.* 1988, Hanley-Bowdoin *et al.* 1990) y la encapsidación del ADN viral (Sunter *et al.* 1987). El gen *rep* codifica la única proteína esencial, la proteína Rep de 41 kD, que posee una fuerte conservación en la secuencia de aminoácidos (Fontes *et al.* 1992, Lazarowitz 1992). Dentro de sus funciones están: dirigir el complejo enzimático de duplicación hacia el origen de replicación en la molécula de ADN (Fontes *et al.* 1992), separar la doble banda de ADN y cortar el ADN para iniciar la multiplicación por el mecanismo del círculo rodante (Koonin e Ilyina 1992, Stanley 1995), separar el genoma reproducido en monómeros circulares de una unidad de longitud, para la producción de la progenie de viriones (Koonin e Ilyina 1992) y suprimir la expresión de su propio promotor (Sunter *et al.* 1993).

El gen *trap* codifica para la proteína activadora transcripcional (TrAP) de 15-20 kD, necesaria para la expresión de los genes AV1 y BV1 (Lazarowitz 1992, Sunter *et al.* 1990, Sunter y Bisaro 1992).

El gen *ren* por medio de la proteína REN de 14-16 kD incrementa la eficiencia de la reproducción y actúa como un factor accesorio que promueve la acumulación del ADN viral (Orozco *et al.* 1997). El gen AC4 no tiene efectos detectables sobre la multiplicación (Hanley-Bowdoin *et al.* 1999).

El gen *cp* codifica para la proteína de cubierta (CP) de 27-30 kD relacionada con la especificidad del

insecto vector y la más conservada dentro de los begomovirus (Brown 2000). Noueiry y colaboradores (1994) indican que a pesar de que en la mayoría de los virus ARN la proteína de cubierta se requiere para la infección sistémica, en el caso de los geminivirus el mecanismo es diferente, pues las proteínas de movimiento codificadas por los genes *mp* y *nsp* son las encargadas del transporte. Brown (2000) sugiere que la secuencia de aminoácidos de la CP de los diferentes geminivirus podría utilizarse para estudios filogenéticos de los geminivirus. Además, usando esa información se encontró relación entre los árboles filogenéticos de los begomovirus y los de los biotipos de las moscas blancas (Brown 2000).

El ADN B codifica para las funciones asociadas con el movimiento viral (Revington *et al.* 1989, Noueiry *et al.* 1994, Frischmuth *et al.* 1997). El gen *mp* codifica una proteína de 34 kD, relacionada con el movimiento del virus de célula a célula a través de plasmodesmos, el transporte intercelular selectivo del ADNdb, el ámbito de hospedantes y el desarrollo de síntomas; se localiza en la pared celular y en la membrana plasmática. El gen *nsp* codifica una proteína de 30 kD, que se relaciona con el tipo de hospedante y con el movimiento hacia afuera del núcleo, pues potencia la salida de los ADNdb y ADNSb a través de la membrana nuclear hacia el citoplasma y hacia las células adyacentes del floema (Noueiry *et al.* 1994, Nagar *et al.* 1995, Frischmuth *et al.* 1997).

En *Begomovirus*, ambos componentes son necesarios para una infección eficiente y el ADN B no puede duplicarse en la ausencia del ADN A (Gilbertson *et al.* 1991, Hamilton *et al.* 1983, Liu *et al.* 1997, Stanley 1983).

Los geminivirus también poseen dentro de su genoma una región intergénica altamente conservada

que comprende unos 200 nucleótidos, idéntica entre el ADN A y el ADN B de cada virus, lo que se conoce como región común. En este sitio se localiza una secuencia de nueve nucleótidos, **TAATATTAC**, flanqueada por repeticiones invertidas que potencialmente podrían formar una horquilla; esta estructura se identifica como esencial para la reproducción de todos los miembros de esta familia viral (Argüello-As-torga *et al.* 1994, Laufs *et al.* 1995).

Multiplicación general y estrategias de transcripción viral

Los geminivirus utilizan el mecanismo del círculo rodante para amplificar sus genomas de ADN simple banda y producir ADN doble banda, que sirve como un molde para la transcripción y la multiplicación (Saunders *et al.* 1991). Esta estrategia de reproducción la utilizan algunos ADNs virales y factores de fertilidad bacterianos, el fago Φ X174, plásmidos de bacterias Gram-positivas y Gram-negativas, así como los parvovirus y circovirus, constituidos por ADNsb, con hospedantes en animales y vegetales (Fontes *et al.* 1994a, Saunders *et al.* 1991, Xiong 1998).

Transmisión de Begomovirus

Según Harrison (1985) y Polson y Anderson (1997) la transmisión de los begomovirus por *B. tabaci* es circulativa o persistente y no propagativa. Este tipo de transmisión tiene dos fases: la de adquisición, cuando el insecto se alimenta de la planta y el virus se transporta del aparato bucal al hemoceloma del insecto, probablemente a través de la pared del intestino. Y la segunda fase de inoculación a la planta, que involucra el paso del virus desde la hemolinfa hacia las secreciones salivares del insecto, lo que permite la transmisión del patógeno cuando el insecto se alimenta de la planta (Liu *et al.* 1997).

El tiempo aproximado en que el virus llega a ser circulativo en el insecto es de 4-8 horas después de que lo adquiere (Mehta *et al.* 1994). El periodo de transmisión incluye el tiempo durante el cual el patógeno circula dentro del vector hasta la transmisión del virus (Harrison 1985).

No todos los hospedantes son igualmente preferidos, *B. tabaci* es polífaga y tiene preferencias por ciertas familias. Ataca a 16 cultivos y a 70 hospedantes en 39 familias, predominando las Compositae, Solanaceae, Cucurbitaceae, Malvaceae, Euphorbiaceae y Fabaceae (Hilje 1995).

Estrategias por ingeniería genética para el manejo del complejo geminivirus-mosca blanca

Debido a las pérdidas económicas que provoca este complejo y a la escasa resistencia natural para controlar las enfermedades producidas por geminivirus, se han investigado diversas estrategias por ingeniería genética para producir plantas resistentes a estos patógenos (Hanson *et al.* 1995). Kunik *et al.* (1994) demostraron que plantas transformadas con el gen *cp* del TYLCV presentaron síntomas tardíos y se recuperaron de la enfermedad, cuando se sometieron a inoculación viral mediada por moscas blancas. Guevara-González *et al.* (1999) estudiaron mediante la técnica de complementación génica, la función del gen de la cápside proteica del virus del chile huasteco (*Pepper huasteco virus*, PHV). En ese estudio inocularon mutantes del PHV dentro de plantas transgénicas que expresaban al gen *cp* silvestre del PHV bajo el control, ya sea de su propio promotor o del promotor 35S del virus del mosaico de la coliflor (*Cauliflower mosaic virus*, CaMV). Estos investigadores encontraron que la complementación observada podría ser el resultado de varias características propias del promotor de los geminivirus, como especificidad tisular y transactivación por proteínas virales. Estas características podrían ser una alternativa interesante para usos específicos para protección de cultivos.

Por su parte, Stanley *et al.* (1990) transformaron plantas de tabaco con ADN subgenómico del ADN B del virus del mosaico de la yuca africana (*African cassava mosaic virus*, ACMV), las cuales desarrollaron síntomas menos severos que las plantas no transformadas, cuando se enfrentaron al virus.

Antignus y Cohen (1994) utilizaron un ADN simple banda extraído del TYLCV, que sirvió como molde para la síntesis *in vitro* de una molécula ADN doble banda. La agroinoculación del hospedante con una población de este ADN viral clonado del TYLCV resultó en una infección sistémica, pero con síntomas más leves que los inducidos por el virus nativo.

Aragao *et al.* (1998) clonaron en sentido contrario ("antisense") los genes *rep*, *trap*, *ren* y *mp* del aislamiento brasileño del mosaico dorado del frijol, bajo el control transcripcional del promotor 35S del CMV. Esta construcción genética fue usada para transformar por biobalística plantas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Las plantas transgénicas obtenidas de la generación R3 y R4 se inocularon con este geminivirus brasileño, usando moscas blancas virulíferas. Como resultado se obtuvo, que algunas de las líneas de las

plantas analizadas mostraron tolerancia a la infección viral.

Sangaré *et al.* (1999) construyeron una mutación en el ADN A del ACMV, para alterar el sitio de unión NTP en el gen que codifica a la proteína asociada con la duplicación del ADN viral (*rep*). Las plantas transformadas de *Nicotiana benthamiana* que expresaban el gen *rep* mutado se infectaron con el mencionado virus. Estas plantas se comportaron como tolerantes a la infección y acumularon menos ADN viral, que las plantas no transgénicas infectadas.

Hanson y Maxwell (1999) informaron de la habilidad de los genes *rep* con mutaciones letales dentro de los dominios de unión NTP y de corte del ADN, para funcionar como inhibidores transdominantes de la duplicación de estos virus. Los resultados muestran que la inhibición transdominante de la multiplicación de geminivirus requiere y puede ser controlada por proteínas Rep no funcionales. La generación de resistencia de amplio espectro para geminivirus es un objetivo importante, dada la gran diversidad que existe y los diferentes cultivos que afectan. Los resultados presentados sugieren que la resistencia de amplio espectro se puede obtener usando mutantes de *rep* transdominantes y en asociación con otras secuencias.

Sinistera *et al.* (1999) transformaron plantas de tabaco (*Nicotiana tabacum*) con un gen *cp* mutado del virus del moteado del tomate (*Tomato mottle virus*, ToMoV). Estas plantas transgénicas mostraron una respuesta a la infección viral desde susceptibilidad hasta inmunidad. En ninguna de las plantas se identificó el producto proteico del transgen, únicamente el ARN transcrito, lo cual indica que la respuesta de resistencia parece estar mediada vía ARN.

Las plantas superiores utilizan el silenciamiento de genes por ARN como un sistema adaptativo de defensa antiviral, el cual es transmitido sistemáticamente como respuesta a una infección viral localizada. Los virus de plantas han elaborado una variedad de medidas contradefensivas para sobreponerse a la respuesta del silenciamiento del hospedante. Una de estas estrategias consiste en producir proteínas, que se dirijan a los diferentes pasos del sistema del silenciamiento de genes (Voinnet 2001). Según Voinnet (2001), la proteína AC2 (Cuadro 1), además de las funciones descritas, también está involucrada en este mecanismo. La investigación activa en este campo, se presenta como una oportunidad para diseñar mejores medidas de control contra las enfermedades virales en plantas.

Importancia de la aplicación del diagnóstico molecular en el manejo de enfermedades virales en plantas

El proceso de identificar correctamente la causa de una enfermedad es indispensable para dirigir adecuadamente las prácticas de manejo (Arauz 1998). La identificación de ciertos virus, aún para un fitopatólogo experimentado, incluye en muchos casos la realización de pruebas adicionales de laboratorio para asegurar un diagnóstico definitivo (Arauz 1998), en donde la detección temprana es fundamental para evitar la diseminación de la enfermedad (Araya 2000).

Por la importancia que han alcanzado los geminivirus como patógenos a escala mundial (Polston y Anderson 1997, Hanson y Maxwell 1999) se necesita de métodos rápidos y seguros para su detección y posterior identificación, lo cual facilitan los estudios de epidemiología y de diversidad genética del grupo. Esta información podría tener consecuencias importantes para el diseño de estrategias relacionadas con la resistencia a enfermedades y el manejo integrado (Rojas *et al.* 1993). La identificación precisa del virus y del vector, así como el conocimiento de la distribución del patosistema podría facilitar un mejor control de la plaga. Además el reconocimiento de la identidad y la distribución de los begomovirus, utilizando técnicas moleculares permitirá el desarrollo y utilización de cultivos resistentes a la enfermedad (Brown 2000).

La técnica de reacción en cadena de la polimerasa (PCR) es muy sensible y específica para la detección e identificación de patógenos de plantas y se puede usar para investigar en forma precisa la composición y organización de los genomas virales, la composición de sus poblaciones y su diversidad genética (Rojas *et al.* 1993). Teóricamente una molécula de ADN podría amplificarse un millón de veces en 20 ciclos de duplicación (Sambrook *et al.* 1989), lo que permite detectar la enfermedad con niveles mínimos de infección.

Los fragmentos virales amplificados a partir de PCR se pueden usar en hibridaciones moleculares como sondas universales, muy útiles para el diagnóstico y como sondas específicas, que además permiten localizar infecciones mixtas. Dentro de los geminivirus, las infecciones mixtas podrían ser comunes, por lo que su detección y caracterización serán una de las aplicaciones más importantes de las técnicas de PCR (Rojas *et al.* 1993).

También, los métodos moleculares se aplican para evaluar la resistencia de plantas, las diferencias en

las concentraciones de los ácidos nucleicos en cultivos infectados con geminivirus, la diversidad existente y para determinar reservorios de malezas de estos patógenos (Hanson y Maxwell 1999).

La identificación de las secuencias de nucleótidos que componen los geminivirus cobra especial importancia en este grupo, en el cual la recombinación se ha sugerido como un factor poderoso en su evolución (Navas-Castillo *et al.* 1999).

Consideraciones finales

Los geminivirus son virus de plantas, que están causando enfermedades limitantes de la producción en dicotiledóneas ampliamente usadas como alimento, fibras y ornamentales. El potencial de estos virus y sus vectores para diseminarse en nuevas localidades e infectar nuevos hospedantes a nivel mundial es alarmante. El diagnóstico molecular se perfila como una herramienta valiosa que permitirá el reconocimiento temprano de los problemas que se asocian con estos patógenos y sus vectores.

Por tanto, es necesario que la identificación sea un proceso permanente, ya que los nuevos complejos geminivirus-vector requieren cambios continuos en las estrategias de manejo.

Literatura citada

Antignus, Y; Cohen, S. 1994. Complete nucleotide sequence of an infectious clone of a mild isolate of *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV). *Phytopathology* 84: 707-712.

Aragao, FJL; Ribeiro, SG; Barros, LMG; Basileiro, ACM; Maxwell, DP; Rech, EL; Faria, JC. 1998. Transgenic beans (*Phaseolus vulgaris* L) engineered to express viral antisense RNAs show delayed and attenuated symptoms to bean golden mosaic geminivirus. *Molecular Breeding* 4: 491-499.

Arauz, LF. 1998. Fitopatología: un enfoque agroecológico. San José, Costa Rica, Editorial de la Universidad de Costa Rica. 467 p.

Araya, CM. 2000. Estatus de las principales enfermedades del cultivo de frijol y posibilidades organizativas para su manejo integrado en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 55: 6-11.

Argüello-Astorga, GR; Guevara-González, RG; Herrera-Estrella, LR; Rivera-Bustamante, RF. 1994. Geminivirus replication origins have a group-specific organization of iterative elements: A model for replication. *Virology* 203: 90-100.

Bisaro, DM; Sunter, G; Revington, GN; Brought, CL; Hormuzdi, GG; Hartitz, M. 1990. Molecular genetics of tomato golden mosaic virus replication: Progress toward defining gene functions, transcription units and the origin of DNA replication. In Pirone, TP; Shawm JG. Ed. *Viral genes and plant pathogenesis*. New York, Springer-Verlag. p 89-105.

Blair, MW; Basset, MJ; Abouzid, AM; Hiebert, E; Polston, JE; McMillian, RT; Graves, W; Lamberts, M. 1995. Occurrence of bean golden mosaic virus in Florida. *Plant Disease* 79: 529-533.

Bock, KR. 1974. Maize streak virus. In CMI/AAB Descriptions of plant viruses No 133. New England, Commonwealth Mycology Institute. p.4.

Briddon, RW; Watts, J; Markam, PG; Stanley, J. 1989. The coat protein of beet curly top virus is essential for infectivity. *Virology* 172: 628-633.

Briddon, RW; Markham, PG. 1995. Family Geminiviridae. In Murphy, FA; Fauquet, CM; Bishop, DHL; Ghabrial, SA; Jarvis, AW; Martelli, GP; Mayo, MA; Summers, MD. Ed. *Virus taxonomy sixth report of the international committee on taxonomy of viruses*. Vienna, Austria, Springer-Verlag. p. 158-165

Brown, JK. 2000. Molecular markers for the identification and global tracking of whitefly vector-Begomovirus complexes. *Virus Research* 71: 233-260.

Brown, JK; Bird, J. 1992. Whitefly-transmitted geminiviruses and associated disorders in the Americas and the Caribbean Basin. *Plant Disease* 76: 220-225.

Brown, JK; Ostrow, KM; Idris, AM; Stenger, DC. 1999. Biotic, molecular, and phylogenetic characterization of bean calico mosaic virus, a distinct Begomovirus species with affiliation in the squash leaf curl virus cluster. *Phytopathology* 89:273-280.

Cohen, S; Antignus, Y. 1994. Tomato yellow leaf curl virus, a whitefly-borne geminivirus of tomatoes. *Advanced Disease Vector Research* 10: 259-288.

Czosnek, H; Laterrot, H. 1997. A worldwide survey of tomato yellow leaf curl viruses. *Archives of Virology* 142: 1391-1406.

Davies, JW; Stanley, J. 1989. Geminivirus genes and vectors. *Trends in Genetics* 5: 77-81.

Elmer, JS; Brand, L; Sunter, GE; Gardiner, E; Bisaro, DM; Rogers, SG. 1988. Genetic analysis of tomato golden mosaic virus II. The product of the AL1 coding region is required for replication. *Nucleic Acids Research* 16: 7043-7060.

Fauquet, C; Fargette, D. 1990. African cassava mosaic virus: etiology, epidemiology, and control. *Plant Disease* 74:404-411

Fontes, EPB; Luckow, VA; Hanley-Bowdoin, L. 1992. A geminivirus replication protein is a sequence-specific DNA binding protein. *Plant Cell* 4: 597-608.

Fontes, EPB; Eagle, PA; Sipe, PS; Luckow, VA; Hanley-Bowdoin, L. 1994a. Interaction between a geminivirus replication protein and origin DNA is essential for viral replication. *Journal of Biological Chemistry* 269: 8459-8465.

Fontes, EPB; Gladfelter, HJ; Schaffer, RL; Petty, ITD; Hanley-Bowdoin, L. 1994b. Geminivirus replication origins have a modular organization. *Plant Cell* 4: 597-608.

Frischmuth, T; Engel, M; Lauster, S; Jeske, H. 1997. Nucleotide sequence evidence for the occurrence of three distinct whitefly-transmitted, *Sida* infecting bipartite geminiviruses in Central America. *Journal of General Virology* 78: 2675-2682.

Gálvez, GE; Castaño, MJ. 1976. Purification of the whitefly-transmitted bean golden mosaic virus. *Turrialba* 26: 205-207.

Gilbertson, RL; Faria, JC; Hanson, SF; Morales, FJ; Ahlquist, P; Maxwell, DP; Russell, DR. 1991. Cloning of the complete DNA genomes of four bean infecting geminiviruses and determining their infectivity by electric discharge particle acceleration. *Phytopathology* 81: 980-985.

- Gilbertson, RL; Hidayat, SH; Paplomatas, EJ; Rojas, MR; Hou, YM; Maxwell, DP. 1993. Pseudorecombination between infectious cloned DNA components of tomato mottle and bean dwarf mosaic geminiviruses. *Journal of General Virology* 74: 23-31.
- Guevara-González, RG; Ramos, PL; Rivera-Bustamante, RF. 1999. Complementation of coat protein mutants of pepper huasteco geminivirus in transgenic tobacco plants. *Phytopathology* 89:540-545.
- Hamilton, WDO; Bisaro, DM; Coutts, RHA; Buck, KW. 1983. Demonstration of the bipartite nature of genome of a single-stranded DNA plant virus by infection with the cloned DNA components. *Nucleic Acids Research* 11:7387-7396.
- Hammond, J; Lecoq, H; Raccah, B. 1999. Epidemiological risks from mixed virus infections and transgenic plants expressing viral genes. *Advances in Virus Research* 54:189-314.
- Hanley-Bowdoin, L; Elmer, JS; Rogers, SG. 1990. Expression of functional replication protein from tomato golden mosaic virus in transgenic tobacco plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences. USA* 87: 1446-1450.
- Hanley-Bowdoin, L; Settlege, SB; Orozco, BM; Nagar, S; Robertson, D. 1999. Geminiviruses: Models for plant DNA replication, transcription, and cell cycle regulation. *Critical Reviews in Plant Sciences* 18: 71-106.
- Hanson, SF; Hoogstraten, RA; Ahlquist, P; Gilbertson, RL; Russell, DR; Maxwell, DP. 1995. Mutational analysis of a putative NTP-binding domain in the replication-associated protein (AC1) of bean golden mosaic geminivirus. *Virology* 211: 1-9.
- Hanson, SF; Maxwell, DP. 1999. *trans*-Dominant inhibition of geminiviral DNA replication by bean golden mosaic geminivirus *rep* gene mutants. *Phytopathology* 89: 480-486.
- Harrison, BD. 1985. Advances in geminivirus research. *Annual Review of Phytopathology* 23: 55-82.
- Harrison, BD; Barker, H; Bock, KR; Guthrie, EJ; Meredith, G; Atkinson, M. 1977. Plant viruses with circular single-stranded DNA. *Nature* 270:760-762.
- Harrison, BD; Liu, YL; Khalid, S; Hameed, S; Otim-Nape, GW; Robinson, DJ. 1997. Detection and relationships of cotton leaf curl virus and allied whitefly-transmitted geminiviruses occurring in Pakistan. *Annals of Applied Biology* 130: 61-75.
- Harrison, BD; Robinson, DJ. 1999. Natural genomic and antigenic variation in whitefly-transmitted geminiviruses (Begomoviruses). *Annual Review of Phytopathology* 37:369-398.
- Hilje, L. 1995. Aspectos bioecológicos de *Bemisia tabaci* en Mesoamérica. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 35: 46-54.
- Hilje, L. 1998. Un modelo de colaboración agrícola internacional para el manejo de moscas blancas y geminivirus en América Latina y el Caribe. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 49: 1-9.
- Hou, YM; Gilbertson, RL. 1996. Increased pathogenicity in a pseudorecombinant bipartite geminivirus correlates with intermolecular recombination. *Journal of Virology* 70:5430-5436.
- Hou, YM; Paplomatas, EJ; Gilbertson, RL. 1998. Host adaptation and replication properties of two bipartite geminiviruses and their pseudorecombinants. *Molecular Plant-Microbe Interaction* 11:208-217.
- Koonin, EV; Ilyina, TV. 1992. Geminivirus replication proteins are related to prokaryotic plasmid rolling circle DNA initiator proteins. *Journal of General Virology* 73: 2763-2766.
- Kunik, T; Salomon, R; Zamir, D; Navot, N; Zeidan, M; Michelson, I; Gafni, Y; Czosnek, H. 1994. Transgenic tomato plants expressing the tomato yellow leaf curl virus capsid protein are resistant to the virus. *Biotechnology* 12: 500-504.
- Laufs, J; Traut, W; Heyraud, F; Matzeit, V; Rogers, SG; Schell, J; Gronenberg, B. 1995. *In vitro* cleavage and joining at the viral origin of replication by the replication initiator protein of tomato yellow leaf curl virus. *Proceedings of the National Academy of Sciences. USA* 92: 3879-3883.
- Lazarowitz, SG. 1992. Geminiviruses: Genome structure and gene function. *Critical Reviews in Plant Sciences* 11: 327-349.
- Liu, S; Bedford, ID; Briddon, RW; Markham, PG. 1997. Efficient whitefly transmission of African cassava mosaic geminivirus requires sequences from both genomic components. *Journal of Virology* 78: 1791-1794.
- Mayo, MA; Martelli, GP. 1993. New families and genera of plant viruses. *Archives of Virology* 133: 496-498.
- Mehta, P; Wyman, JA; Nakhla, MK; Maxwell, DP. 1994a. Polymerase chain reaction detection of viruliferous *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) with two tomato-infecting geminiviruses. *Journal of Economy Entomology* 87: 1285-1290.
- Mehta, P; Wyman, JA; Nakhla, MK; Maxwell, DP. 1994b. Transmission of tomato yellow leaf curl geminivirus by *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of Economy Entomology* 87: 1291-1297.
- Morales, FJ; Anderson, PK. 2001. The emergence and dissemination of whitefly-transmitted geminivirus in Latin America. *Archives of Virology* 146:415-441.
- Mumford, DL. 1974. Purification of beat curly top virus. *Phytopathology* 64:136-139.
- Nagar, S; Pedersen, T; Carrick, KM; Hanley-Bowdoin, L; Robertson, D. 1995. A geminivirus induces expression of a host DNA synthesis protein in terminally differentiated plant cells. *Plant Cell* 7:705-719.
- Nakhla, MK; Maxwell, DP; Martínez, RT; Carvalho, MG; Gilbertson, RL. 1994. Widespread occurrence of the eastern Mediterranean strain of tomato yellow leaf curl geminivirus in tomatoes in the Dominican Republic. *Plant Disease* 78:928.
- Navas-Castillo, J; Sánchez-Campos, S; Díaz, JA. 1999. Tomato yellow leaf curl virus is causes a novel disease of common bean and severe epidemics in tomato in Spain. *Plant Disease* 83:29-32.
- Navot, N; Pichersky, R; Zeidan, M; Zamir, D; Czosnek, H. 1991. Tomato yellow leaf curl virus: A whitefly-transmitted geminivirus with a single genomic component. *Virology* 185: 151-161.
- Navot, N; Zeidan, M; Pichersky, E; Zamir, D; Czosnek, H. 1992. Use of the polymerase chain reaction to amplify tomato yellow leaf curl virus DNA infected plants and viruliferous whiteflies. *Phytopathology* 82: 1199-1202.
- Noueiry, AO; Lucas, WJ; Gilbertson, RL. 1994. Two proteins of a plant DNA virus coordinate nuclear and plasmodesmal transport. *Cell* 76: 925-932.
- Orozco, BM; Miller, AB; Settlege, SB; Hanley-Bowdoin, L. 1997. Functional domains of geminivirus replication protein. *Journal of Biological Chemistry* 272: 9840-9846.

- Padidam, M; Beachy, RN; Fauquet, CM. 1995. Classification and identification of geminiviruses using sequence comparisons. *Journal of General Virology* 76: 249-263.
- Polston, JE; Anderson, PK. 1997. The emergence of whitefly-transmitted geminiviruses in tomato in the Western Hemisphere. *Plant Disease* 81: 1358-1369.
- Revington, GN; Sunter, G; Bisaro, DM. 1989. DNA sequences essential for replication of the B genome component of tomato golden mosaic virus. *Plant Cell* 1: 985-992.
- Rojas, MR; Gilbertson, RL, Russell, DR; Maxwell, DP. 1993. Use of degenerate primers in the polymerase chain reaction to detect whitefly-transmitted geminiviruses. *Plant Disease* 77: 340-347.
- Rybicki, EP; Huges, FL. 1990. Detection and typing of maize streak virus and other distantly related geminiviruses of grasses by polymerase chain reaction amplification of a conserved viral sequence. *Journal of General Virology* 71: 2519-2526.
- Rybicki, EP. 1994. A phylogenetic and evolutionary justification for three genera of geminiviridae. *Archives of Virology* 139:49-77.
- Sambrook, J; Fritsch, EF; Maniatis, T. 1989. *Molecular cloning. A laboratory manual*. 2 ed. New York, Cold Spring Harbor Laboratory.
- Sangaré, A; Deng, D; Fauquet, CM; Beachy, RN. 1999. Resistance to African cassava mosaic virus conferred by a mutant of putative NTP-binding domain of the *rep* gene (AC1) in *Nicotiana benthamiana*. *Molecular Biology Reports* 5:95-102.
- Saunders, K; Lucy, A; Stanley, J. 1991. DNA forms of the geminivirus African cassava mosaic virus consistent with a rolling circle mechanism of replication. *Nucleic Acids Research* 19: 2325-2330.
- Sinistera, XH; Polston, JE; Abozouid, AM; Hiebert, E. 1999. Tobacco plants transformed with a modified coat protein of tomato mottle Begomovirus show resistance to virus infection. *Phytopathology* 89:701-706.
- Stanley, J. 1983. Infectivity of the cloned geminivirus genome requires sequences from both DNAs. *Nature (London)* 305: 643-645.
- Stanley, J; Frischmuth, T; Ellwood, S. 1990. Defective viral DNA ameliorates symptoms of geminivirus infection in transgenic plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences. USA* 87: 6291-6295.
- Stanley, J. 1995. Analysis of African cassava mosaic virus recombinants suggests strand nicking occurs within the conserved nonanucleotide motif during the initiation of rolling circle DNA replication. *Virology* 206:707-712.
- Sunter, G; Gardiner, WE; Rushing, AE; Rogers, SG; Bisaro, DM. 1987. Independent encapsidation of tomato golden mosaic virus A component DNA in transgenic plants. *Plant Molecular Biology* 8: 477-484.
- Sunter, G; Hartitz, MD; Hormuzdi, SG; Brough, CL; Bisaro, DM. 1990. Genetic analysis of tomato golden mosaic virus: ORF AL2 is required for coat protein accumulation while ORF AL3 is necessary for efficient DNA replication. *Virology* 179: 69-77.
- Sunter, G; Bisaro, DM. 1992. Transactivation of geminivirus AR1 and BR1 gene expression by the viral AL2 gene product occurs at the level of transcription. *Plant Cell* 4: 1321-1331.
- Sunter, G; Hartitz, MD; Bisaro, DM. 1993. Tomato golden mosaic virus leftward gene expression: Autoregulation of geminivirus replication protein. *Virology* 195: 275-280.
- Voinnet, O. 2001. RNA silencing as a plant immune system against viruses. *Trends in Genetics*. 17(8): 449-459.
- Xiong, Z. 1998. "Single-stranded DNA viruses: Geminiviruses and their relatives". <<http://ag.arizona.edu/~zxiong/gemini.html>> (7 marzo 1999).
- Zhou, X; Liu, Y; Calvert, L; Muñoz, C; Otim-Nape, GW; Robinson, DJ; Harrison, BD. 1997. Evidence that DNA-A of a geminivirus associated with severe cassava mosaic disease in Uganda has arisen by interspecific recombination. *Journal of General Virology* 78:210-211.

Influencia de la luz y de aditivos naturales sobre la germinación de conidias de *Metarhizium anisopliae*

Silvia Ruth Rodríguez-Colorado¹
J. Concepción Rodríguez-Macie²
David Riestra-Díaz¹
Juan A. Villanueva-Jiménez¹
Daniel Arturo Rodríguez-Lagunes³

RESUMEN. Se evaluó en el laboratorio el efecto de cuatro aditivos naturales (aceite de nim, aceite de maíz, glicerina comercial y agua destilada esterilizada) y la exposición a la luz sobre la germinación de las conidias de *Metarhizium anisopliae*. Los materiales se mantuvieron en frascos transparentes u oscuros durante tres meses, a $25\pm 5^{\circ}\text{C}$ y $70\pm 5\%$ HR. Se tomó una muestra mensual de cada tratamiento y se sembró en medio de cultivo agar dextrosa de Sabourad. El porcentaje de germinación de las conidias se obtuvo 26 h después de la siembra. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Hubo diferencias significativas en el porcentaje de germinación para las interacciones de los tres factores ($\alpha=0,05$). En el análisis posterior para cada período, hubo diferencias significativas en los aditivos en cada uno de los meses, y para tipo de frasco solo a partir del segundo mes. En el agua destilada las conidias se mantuvieron viables en $>90\%$ durante los tres meses, en ambos tipos de frascos. En aceite de maíz, las conidias se mantuvieron viables en más de 90% hasta el primer mes, pero $<85\%$ en los meses posteriores. Para conidias en aceite de nim y glicerina, en ambos tipos de frasco, la viabilidad fue $<85\%$ desde el inicio, con 0% al primer mes de evaluación.

Palabras claves: *Metarhizium anisopliae*, Viabilidad, Germinación, Luz, Aditivos naturales, Control biológico.

ABSTRACT. Influence of light and natural additives on the germination of *Metarhizium anisopliae* conidias. The effect of four natural additives (neem oil, corn oil, commercial glycerin and distilled sterilized water) and light exposure on the germination of conidia of *M. anisopliae* was evaluated in the laboratory. The materials were kept in clear or dark flasks for three months, at $25\pm 5^{\circ}\text{C}$ and $70\pm 5\%$ RH. A monthly sample was taken from each treatment and placed on Sabourad dextrose culture medium. The percentage of conidia germination was determined 26 h after inoculation. The treatments were in a completely random design with four replications. There were significant differences in the percentage of germination for the interactions of three factors ($\alpha=0,05$). In further analysis for each period, were obtained significant differences in the additives in each of the months, and for the type of flask only after the second month. In distilled water the viability of conidia remained $>90\%$ during the three months, in both flask types. In corn oil, the viability of conidia was $>90\%$ for the first month, but was $<85\%$ in the following months. The viability of conidia in neem oil and glycerin, in both types of flask, was $<85\%$ from the beginning, with 0% in the first month of evaluation.

Key Words: *Metarhizium anisopliae*, Viability, Germination, Light, Natural additives, Biological control.

Introducción

Las especies de mosca pinta o salvazo (*Aeneolamia* spp., Homoptera: Cercopidae) son consideradas como una de las principales plagas de la caña de azúcar en México. Flores (1996) estima que una población supe-

rior a 10 insectos adultos por cepa puede causar una reducción de 3 a 6 ton/ha. Por su parte Salazar y Badi-lla (1997) estiman que un número mayor de tres adultos y cinco ninfas por tallo reducen aproximadamente 30% del rendimiento de la caña de azúcar. Para el

¹ Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. Veracruz-Xalapa, México. colors29@yahoo.com, javj@colpos.mx

² Colegio de Postgraduados Instituto de Fitosanidad. México-Texcoco, México.

³ Universidad Veracruzana, Postgrado en Caña de Azúcar. Peñuela, Veracruz, México.

combate de esta plaga se ha recurrido a la utilización masiva de insecticidas convencionales, que en su mayoría afectan al ambiente (Magalhaes 1997, Paray y Rajabalee 1998) y representan un peligro para la salud humana (Lagunes-Tejeda y Villanueva-Jiménez 1994). Como una alternativa ecológica, se están utilizando cada vez más los hongos parásitos de esta plaga. Las características principales para que un hongo entomopatógeno sea eficaz en el control de insectos plaga, son su formulación y aplicación apropiada, así como la elevada virulencia del aislamiento (Bateman 1997).

Debido al bajo impacto que produce sobre el ambiente y la fauna benéfica, se ha incrementado durante los últimos años el uso del hongo *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sor., como parte de la estrategia de manejo integrado de la mosca pinta en México. Por sus características patogénicas contra esta plaga, su factibilidad de reproducción en forma artificial y la rentabilidad de su uso, este hongo representa una alternativa viable de combate en México y en algunas regiones cañeras de América Latina (Allard *et al.* 1990, Calderón y Hernández 1997, Gómez 1998).

De acuerdo a Moore y Prior (1993) una formulación apropiada parece ser la clave del éxito de los insecticidas biológicos. La tendencia actual en el desarrollo de formulados con hongos entomopatógenos es la utilización de bases aceitosas (Bateman *et al.* 1993). Las conidias formuladas en aceites incrementan su efecto sobre el insecto plaga, posiblemente porque el aceite puede proteger a la conidia contra la desecación y la radiación ultravioleta (Alves *et al.* 1998, Jenkins y Thomas 1996), incrementar su adhesión a la cutícula y las membranas intersegmentales, interferir con la defensa natural de la cutícula y dispersar el inóculo sobre el cuerpo del insecto (Bateman *et al.* 1993). Las características físicas y químicas de la formulación no deben tener efectos perjudiciales sobre las conidias (Carballo 1998). Además, la formulación debe proporcionar estabilidad a las conidias, e incrementar la vida de anaquel del producto para su comercialización. Desafortunadamente, la información sobre el efecto de las formulaciones sobre las conidias de los hongos entomopatógenos es escasa (Daoust *et al.* 1983).

Por tanto, se consideró necesario evaluar en condiciones de laboratorio el efecto del aceite de maíz, aceite de nim, glicerina y agua destilada, como aditivos sobre la germinación de las conidias de *M. anisopliae*, con el propósito de mejorar la formulación y lograr un

mejor control de la plaga en el campo. El objetivo fue determinar la factibilidad de conservar la viabilidad de las conidias de *M. anisopliae* mediante la adición de aditivos naturales económicos y disponibles en el mercado nacional mexicano.

Materiales y métodos

Condiciones del experimento

La investigación se realizó del 1 de febrero al 1 de mayo de 1999 en la Unidad Reproductora de Hongos Entomopatógenos (URHE) del Campus Córdoba del Colegio de Postgraduados, México. Para la obtención de esporas se utilizó la cepa MOTZ de *M. anisopliae*, que se aisló en 1994 de mosca pinta recolectada en Acatlán de Pérez Figueroa, Oaxaca, México, y se mantiene en el cepario de la URHE.

Factores evaluados

Los tratamientos constaron de tres factores a diferentes niveles cada uno: aditivos (aceite de maíz, aceite de nim, glicerina y agua destilada esterilizada), frascos (transparente y oscuro) y tiempo de evaluación (mes 0, 1, 2, y 3). El aceite de nim se obtuvo como extracto crudo de semillas de *Azadirachta indica* (A. Juss.), procedentes de las plantaciones del Campus Córdoba del Colegio de Postgraduados. Los demás aditivos fueron aceite comercial de maíz (Dorella®), glicerina comercial (Kurax®) y agua destilada esterilizada, utilizados a la pureza comercial.

Preparación del bioensayo

Se esterilizaron frascos de 5 ml durante 24 h a 120°C. Los frascos de vidrio transparente se oscurecieron cubriéndolos totalmente con papel aluminio (Alupack). Se depositaron 5 ml del aditivo respectivo y 100 mg de conidias en cada frasco. Posteriormente, se cerraron con un tapón de hule y se sellaron con plástico Kleenpack®. Todas las unidades experimentales se mantuvieron en la sala de germinación de la URHE-CP.

Para determinar el efecto de los tratamientos sobre la germinación de las conidias de *M. anisopliae*, con una punta de algodón esterilizada se tomó una muestra del tratamiento respectivo y se sembró en cajas de Petri que contenían medio de cultivo agar dextrosa de Sabourad (Bioxon®), enriquecido con extracto de levadura 1% y 500 ppm de estreptomycin, preparado 24 h antes del ensayo. Se realizaron cuatro repeticiones por tratamiento. La siembra se realizó bajo condiciones asépticas en una cámara de flujo laminar (Veco®).

Las cajas con el medio nutritivo y la siembra de la muestra respectiva se mantuvieron en la sala de germinación de la URHE, a una temperatura promedio de 25°C y 70% de humedad relativa, bajo un fotoperíodo de 12:12 h, luz:oscuridad. La germinación de las conidias se observó bajo microscopio (American Optical®) a partir de las 18 h, cada dos horas y hasta las 26 h después de la siembra. Se consideró como parámetro de germinación la formación del tubo germinativo de 100 conidias. El porcentaje de germinación se evaluó 26 h después de la siembra de los tratamientos, ya que fue cuando se estandarizó la respuesta de germinación en todos los tratamientos. La primera evaluación (mes 0), se realizó con la mezcla fresca de cada tratamiento, por lo que se consideró que la exposición de los frascos a la luz fue la misma. En cada una de las tres evaluaciones mensuales restantes (meses 1, 2 y 3) se utilizaron frascos que no habían sido abiertos con anterioridad a cada tratamiento.

Diseño experimental y análisis estadístico

El porcentaje de germinación se transformó a su arco-seno raíz cuadrada, para asegurar homogeneidad de varianzas. Con el fin de integrar el análisis a través del tiempo, los datos se analizaron como parcelas subdivididas en el tiempo, teniendo como parcela grande los meses, como parcela pequeña a los tipos de frascos, y como subparcela a los aditivos. Además, este análisis permitió darle mayor importancia a la discriminación de los aditivos, variable que se consideró como la más importante (Steel *et al.* 1996). Se utilizó el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS® (SAS Institute 1985).

Resultados y discusión

La viabilidad de las conidias de *M. anisopliae* registrada 26 h después de la siembra se redujo considerablemente después de que los tratamientos (maíz, nim y glicerina) permanecieron durante tres meses almacenados. Las condiciones de temperatura y humedad relativa de la sala de germinación de la URHE se presentan en la figura 1. La temperatura promedio mensual presentó una tendencia ascendente, siendo 24,5°C para el mes de febrero 27,0°C en marzo y 28,4°C en abril; mientras que la humedad relativa, en promedio fue 69,7% para febrero, 72,8% en marzo y 65,2% en abril.

La interacción de las tres variables (meses*tipo de frasco*aditivo), así como las interacciones de dos variables (meses*tipo de frasco, meses*aditivo, y tipo de frasco*aditivo) fueron significativas ($\alpha = 0,05$). Esto requirió un análisis posterior a las subparcelas y parcelas pequeñas, para cada período de las parcelas grandes.

En el análisis posterior, fijando el factor meses para febrero (mes 0), no se encontró diferencia significativa entre los tipos de frasco, pero sí para la germinación de las conidias para los aditivos utilizados ($F = 4,07$, $P < 0,0441$). Tanto las conidias inmersas en agua como las que se encontraban en el aceite de maíz, presentaron una germinación de más de 90%.

Las conidias en aceite de nim y en glicerina presentaron una viabilidad menor a 85%, que es la mínima recomendada para la utilización comercial de estos organismos (SAGAR 1999). Se debe resaltar, que las conidias sólo permanecieron por 24 h en los productos. Esto sugiere que el aceite de maíz y el

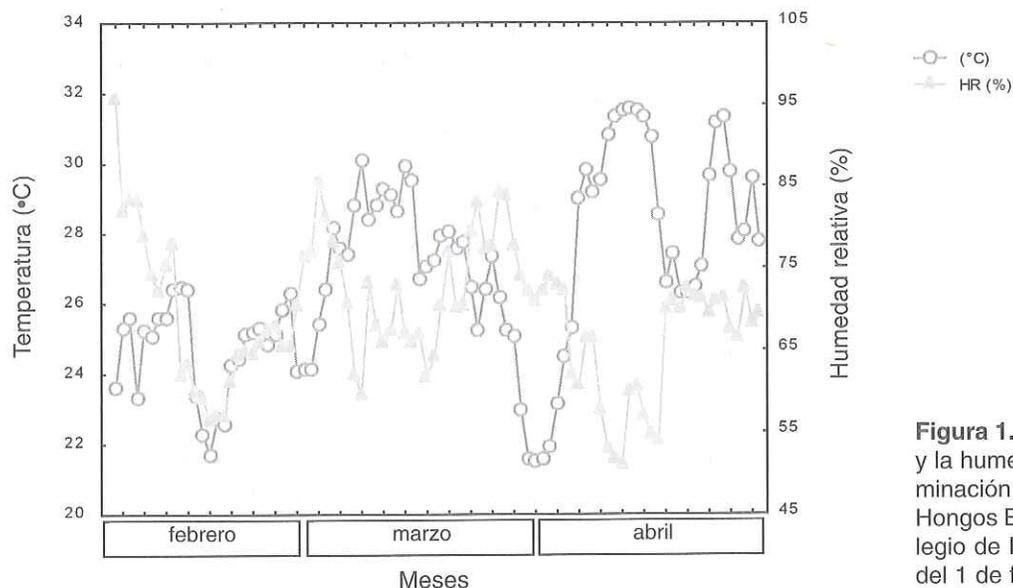


Figura 1. Fluctuación de la temperatura y la humedad relativa en la sala de germinación de la Unidad Reproductora de Hongos Entomopatógenos (URHE), Colegio de Postgraduados, Córdoba, Ver., del 1 de febrero al 1 de mayo de 1999.

agua destilada podrían ser utilizados para elaborar la mezcla previa a su aplicación en campo de las conidias de *M. anisopliae*, no así el aceite de nim y la glicerina utilizados.

Al fijar el análisis posterior al mes de marzo (mes 1), se observan diferencias significativas entre los aditivos sobre la germinación de las conidias ($F = 10869$, $P < 0,001$), pero no entre los tipos de frasco utilizados. Las conidias en agua destilada y en aceite de maíz mantienen su tendencia a germinar en más de 90%, tanto en frascos oscuros como transparentes. Mientras que la germinación de las conidias en glicerina y en aceite de nim fue menor de 5% en los dos tipos de frasco (Fig. 2 y 3). Por tanto, el aceite de nim y la glicerina no se podrían utilizar con fines de almacenamiento de conidias, dada la drástica pérdida de la estabilidad de las conidias en tan sólo un mes.

En el análisis posterior para abril (mes 2), se observaron diferencias significativas entre los aditivos utilizados ($F = 79,11$, $P < 0,0001$), y por primera vez entre los tipos de frasco ($F = 8,14$, $P < 0,009$). Las conidias en aceite de maíz y frasco transparente perdieron drásticamente su viabilidad ($< 5\%$), mientras que en frasco oscuro se conservaron viables alrededor de 60% de las conidias. De acuerdo a lo señalado por Alves *et al.* (1998), se puede considerar que las condiciones de oscuridad son más favorables para la conservación de la viabilidad de conidias, aunque solo se reflejaron en el segundo mes, en aceite de maíz. Ade-

más, es probable que la temperatura de la sala de germinación tuviera un efecto detrimental sobre la viabilidad de las conidias, en interacción con algunos aditivos, dado que a 4°C, Daoust *et al.* (1983), registraron una germinación de 72% de las conidias de *M. anisopliae* después de dos meses de almacenamiento en aceite de maíz, mientras que a 26°C se registró 0% de viabilidad no sólo para el aceite de maíz, sino para otros productos de origen vegetal, tal como se observó en el presente estudio, donde la temperatura promedio de abril fue la más elevada (28,4°C) (Fig. 1).

A partir de abril (mes 2) la viabilidad de las conidias fue nula tanto en aceite de nim como en glicerina, en los dos tipos de frasco. Únicamente en el agua destilada se mantuvieron viables más de 90% de las conidias en ambos tipos de frasco.

El aceite de nim utilizado presentó crecimiento, en el medio de cultivo, de un hongo saprófito del género *Aspergillus*, el cual probablemente infectó las semillas durante el proceso de secado. Este contaminante pudo interferir en la germinación de *M. anisopliae*. Sin embargo, algunos autores han informado sobre el efecto adverso del aceite de nim sobre las conidias de *Metarhizium* (Aguda *et al.* 1986, Stathers *et al.* 1993). Algunos componentes del aceite de nim se han observado con actividad antifúngica contra ciertos hongos fitopatógenos (Govindachari *et al.* 1998), pero no necesariamente sobre la especie saprófita presente en las semillas utilizadas. Resultados similares sobre el efecto

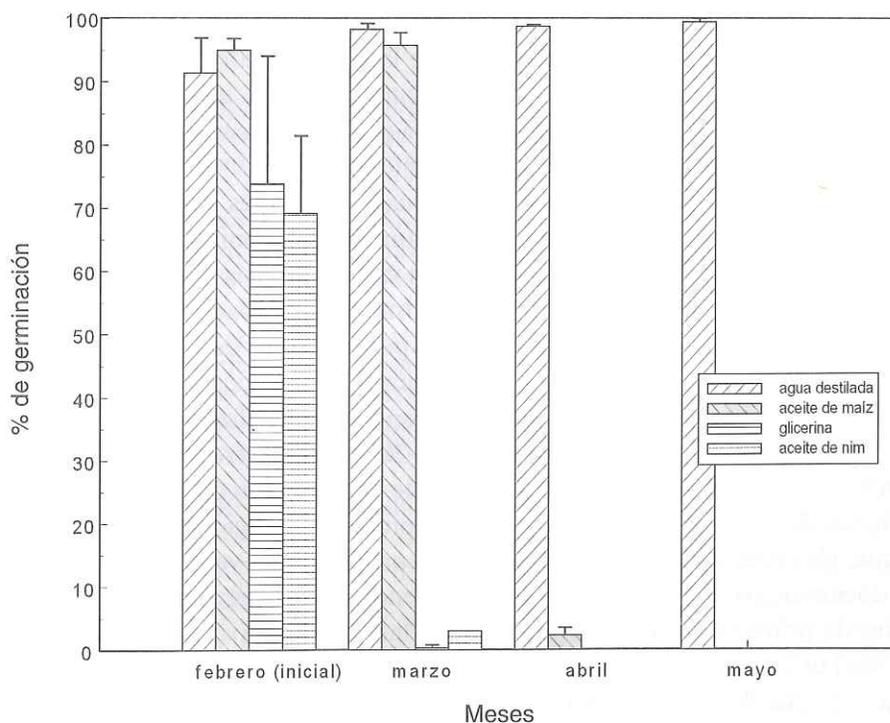


Figura 2. Porcentaje promedio y desviación estándar de la germinación de las conidias de *M. anisopliae*, 26 h después de la siembra, almacenadas en aceite de maíz, aceite de nim, glicerina y agua y conservadas en frascos transparentes, en condiciones de laboratorio, de febrero a mayo de 1999.

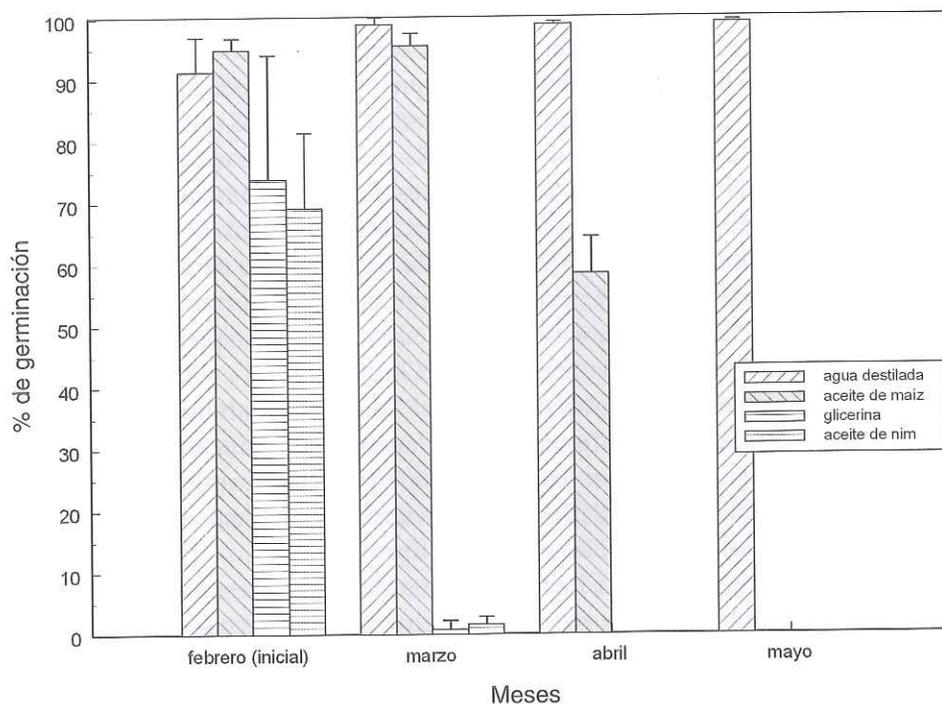


Figura 3. Porcentaje promedio y desviación estándar de la germinación de las conidias de *M. anisopliae* 26 h después de la siembra, almacenadas en aceite de maíz, aceite de nim, glicerina y agua y conservadas en frascos oscuros de marzo a mayo de 1999, bajo condiciones de laboratorio.

en la viabilidad de las conidias de entomopatógenos fueron observados por Stathers *et al.* (1993), quienes reportaron un efecto detrimental del aceite de nim sobre la germinación de conidias de *M. flavoviride*, ya que después de seis semanas de almacenamiento a 25°C la germinación disminuyó a 4,7%. Asimismo, Aguda *et al.* (1986), indican que el aceite de nim tiene un efecto inhibitorio en la germinación de conidias de *M. anisopliae*. Los resultados obtenidos en esta investigación con el aceite de nim no son concluyentes, dada la presencia de *Aspergillus* sp., que pudo interferir con el efecto del aceite y componentes del mismo sobre *M. anisopliae*.

Por otra parte, la glicerina utilizada pudo haber disminuido la humedad disponible para el proceso de germinación de las conidias, debido al efecto desecador de los alcoholes. Este efecto fue observado por Kleespies y Zimmermann (1994), quienes al almacenar blastosporas a 35°C en glicerol 25%, registraron una viabilidad de 45% después de siete días. En mezclas de campo, algunos autores indican la utilización de glicerina como aditivo en formulaciones de entomopatógenos. Con una emulsión de agua, glicerina y esporas, Alatorre y Guzmán (1998) documentaron mortalidades de 60 a 95% en poblaciones de primer a tercer instar de chapulines. Luna *et al.* (1998) utilizaron glicerina como aditivo en formulaciones de *Bacillus*

thuringiensis (Berlenier), informando una adherencia de 89,6% del formulado en hojas de algodón, con la glicerina más pectina y azúcar. Por tanto, la utilización de glicerina podría mejorar la adherencia de *M. anisopliae* y contribuir en el proceso de mortalidad del insecto plaga, cuando se adiciona a la mezcla de campo antes de su aspersión, a pesar de que esta práctica podría reducir significativamente la viabilidad de las conidias. No es recomendable la glicerina como sustrato de almacenamiento de conidias de *M. anisopliae*, ya que cuando se utiliza a la pureza comercial afecta negativamente su germinación.

Durante la evaluación del mes de mayo (mes 3) se observó que solamente las conidias inmersas en agua se mantuvieron viables en más de 90%. Lo anterior difiere a lo informado por Daoust *et al.* (1983), quienes observaron pérdida total de la viabilidad de las conidias de *M. anisopliae* después de cuatro meses de almacenamiento en agua esterilizada a una temperatura ambiente de 20°C. En el presente estudio, el elevado porcentaje de germinación de las conidias almacenadas en agua pudo ser inducido por el ambiente húmedo que ésta proporcionó, ya que las conidias se encontraban suspendidas en el agua al momento de realizar la toma de las muestras para la siembra. El agua esterilizada es comúnmente empleada para almacenar hongos en su estado miceliar (Ellis 1979).

Daoust *et al.* (1983), indican que el agua esterilizada puede ser inadecuada para almacenar conidias de hongos entomopatógenos, ya que podría provocar la germinación de las conidias en el medio de almacenamiento. Sin embargo, en el presente estudio no se observó la germinación de las conidias en agua antes de sembrarlas en el medio de cultivo. Estos resultados sugieren la utilización de agua esterilizada como sustrato para el almacenamiento de conidias por un período de tres meses, con una viabilidad comercialmente aceptable al final de este período.

La temperatura de almacenamiento bajo la cual se mantuvieron los tratamientos, en interacción con algunos de los aditivos, pudo haber provocado la baja germinación de las conidias. El período de almacenamiento de un producto bioinsecticida comercial se ha estimado en un lapso de tres semanas a 24 meses, dependiendo de la temperatura de almacenaje. Para fines de comercialización de productos, se requiere estabilizar la sobrevivencia de las conidias a temperatura ambiente ($> 20^{\circ}\text{C}$) (Jackson *et al.* 1997). El desafío es reducir la actividad metabólica del entomopatógeno sin que el proceso ocasione el debilitamiento o la muerte de la conidia. Mientras ello se logra, la agricultura moderna debe aceptar las limitaciones actuales de los bioinsecticidas (Jackson y Schisler 1995, Moore y Prior 1993).

Literatura citada

- Aguda, RM; Rombach, MC; Shepard, BM. 1986. Effect of neem oil on germination and sporulation of the entomogenous fungus *Metarhizium anisopliae*. Int. Rice. Res. Newsl. 11: 34-35.
- Alatorre, RR; Guzmán, FA. 1998. Novelties in the microbial control of economic importance grasshoppers of México. In Congreso Nacional de Control Biológico (XXI, 1998, Río Bravo, Tamaulipas, México). Memoria. p. 5-7.
- Allard, GB; Chase, CA; Heale, JB; Issac, JE; Prior, C. 1990. Field evaluation of *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) as a mycoinsecticide for control of sugarcane frog hopper, *Aeneolamia varia saccharina* (Hemiptera: Cercopidae). J. Inverteb. Pathol. 55: 41-46.
- Alves, RT; Bateman, RP; Prior, C; Leather, SR. 1998. Effects of simulated solar radiation on conidial germination of *Metarhizium anisopliae* in different formulations. Crop Protection 17: 675-679.
- Bateman, RP. 1997. The development of a mycoinsecticide for the control of locust and grasshoppers. Outlook on Agriculture 26:13-18.

Conclusiones

El agua destilada esterilizada permite el almacenamiento de las conidias, tanto en frascos transparentes como oscuros, hasta los tres meses. El aceite de maíz en frasco transparente, no tiene un efecto adverso sobre la viabilidad y la estabilidad de las conidias de *M. anisopliae* hasta por un mes de almacenamiento, considerando 85% como parámetro estándar mínimo de germinación; por tanto, se puede considerar al aceite de maíz como un aditivo para mejorar la mezcla de campo de *M. anisopliae*, pero no para su almacenamiento por períodos mayores a un mes.

Los aditivos que muestran un efecto negativo sobre las conidias son el aceite de nim y la glicerina, en ambos tipos de frasco, a partir de su inmersión inicial en el aditivo, y el aceite de maíz en frasco oscuro, a dos meses de almacenamiento.

Se registró la presencia del hongo saprobio *Aspergillus* sp. en el aceite de nim, por lo que se sugiere mejorar los procesos de manejo de la semilla y de extracción del aceite, para evitar su proliferación en las semillas, y su consecuente presencia en el aceite.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México por el financiamiento de los estudios de postgrado del primer autor. Al Colegio de Postgraduados por las facilidades proporcionadas para realizar el estudio en las instalaciones de la URHE del Campus Córdoba.

- Bateman, RP; Carey, M; Moore, D; Prior, C. 1993. The enhanced infectivity of *Metarhizium flavoviride* in oil formulations to desert locust at low humidities. Ann. Appl. Biol. 122: 145-152.
- Calderón, AP; Hernández, A. 1997. Evaluación de dos prácticas de control (microbiano y químico) para *Aeneolamia* sp. L. en el Ingenio La Unión, Santa Lucía, Cotzumalguapa, Escuintla. In Memoria Congreso Nacional de MIP (VIII, 1997, Guatemala). Guatemala, CONCYT-FONACYT. p. 46-47.
- Carballo, MV. 1998. Formulación de Hongos Entomopatógenos. Hoja Técnica No. 25 CATIE, Costa Rica. 5 p.
- Daoust, RA; Ward, MG; Roberts, DW. 1983. Effect of formulation on the viability of *Metarhizium anisopliae* conidia. J. Invert. Pathol. 41: 151-160.
- Ellis, JJ. 1979. Preserving fungus strains in sterile water. Mycologia. 71: 1072-1075.
- Flores, CS. 1996. Mosca pinta o salvazo en caña de azúcar y pastos. In Encuentro Regional Fitosanitario (1, 1996, Xalapa, Veracruz, México). Memoria. Colegio de Ingenieros Agrónomos. p. 24-31.

- Gómez, JI. 1998. Control integral de la mosca pinta (*Aeneolamia postica*) en el Ingenio Central Motzorongo. In Seminario sobre Fitosanidad de Caña de Azúcar (1998, Córdoba, Veracruz, México). Memoria. Colegio de Postgraduados-GEPLACEA-CYTCAÑA. p. 7.
- Govindachari, TR; Suresh, R; Gopalakrishnan, G; Banumathy, B; Masilamani, S. 1998. Identification of antifungal compounds from the seed oil of *Azadirachta indica*. *Phytoparasitica* 26: 1-8.
- Jackson, MA; Schisler, DA. 1995. Liquid culture production of microesclerotia of *Colletotrichum truncatum* for use as bioherbicidal propagules. *Mycol. Res.* 99: 879-884.
- Jackson, MA; Mcguire, MR; Lacey, LA; Wraight, SP. 1997. Liquid culture production of desiccation tolerant blastospores of the bioinsecticidal fungus *Paecilomyces fumosoroseus*. *Mycol. Res.* 101: 35-41.
- Jenkins, NE; Thomas, MB. 1996. Effect of formulation and application method on the efficacy of aerial and submerged conidia of *Metarhizium flavoviride* of locust and grasshopper control. *Pesticide Science* 46: 299-306.
- Kleespies, RG; Zimmermann, G. 1994. Viability and virulence of blastospores of *Metarhizium anisopliae* (Metch.) Sorokin after storage in various liquids at different temperatures. *Biocontrol Science and Technology* 4: 309-319.
- Lagunes-Tejeda, A; Villanueva-Jiménez, JA. 1994. Toxicología y Manejo de Insecticidas. México, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. 264 p.
- Luna, JE; Morales, HL; Arévalo, NK; Gómez, TM; Galán, WL. 1998. Desarrollo de formulados asperjables de *Bacillus thuringiensis* a base de polímeros. In Congreso Nacional de Control Biológico (21, 1998, Río Bravo, Tamaulipas, México). Memoria. p. 222-224.
- Magalhaes, BP. 1997. Microbial control of grasshoppers in Brazil with the use of entomopathogenic fungi. In Martins, MT Ed. Trends in Microbial Ecology. Brazilian Society of Microbiology. p. 429-433.
- Moore, D; Prior, C. 1993. The potential of mycoinsecticides. *Biocontrol News and Information*. 14: 31-40.
- Paray, NB; Rajabalee, A. 1998. Preliminary studies on entomopathogens associated with sugar cane pest in Mauritius. Mauritius Sugar Industry Research. In: http://www.uom.ac.mu/Faculty/FA/General_Information/AMAS97/P03TXT.
- SAGAR, 1999. Acta de la 1a Reunión de Coordinación de Laboratorios de Control Biológico. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Delegación Estatal en Veracruz, Subdelegación de Agricultura. 4p. Inédito.
- Salazar, BDJ; Badilla, FF. 1997. Evaluación de dos cepas del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* y seis insecticidas granulados en el control de salivazo (*Aeneolamia postica*) (Homoptera: Cercopidae) en caña de azúcar en la región de San Carlos. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 43: 9-18.
- SAS Institute. 1985. SAS/STAT Guide for Personal Computer, Versión 6.04 Edition. SAS Institute, Inc, Cary, North Carolina, USA.
- Stathers, TE; Moore, D; Prior, C. 1993. The effect of different temperatures on the viability of *Metarhizium flavoviride* conidia stored in vegetable and mineral oils. *J. Invert. Pathology*. 62: 111-115.
- Steel, RGD; Torrie, JH; Dickey, DA. 1996. Principles and Procedures of Statistics, a Biometrical Approach. 3 ed. New York, McGraw-Hill.

Identificación de fuentes de resistencia a *Xanthomonas campestris* en *Brachiaria* spp.

Carolina Zuleta¹

S. Kelemu¹

Oscar Cardozo²

RESUMEN. En 1997 se observó un marchitamiento bacteriano en algunas accesiones de *Brachiaria* del Programa de Mejoramiento del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), en Palmira, Colombia, tanto en invernadero en Palmira (Valle) como en campo en Puerto López (Meta). Se recolectaron muestras de *Brachiaria* CIAT 1015 con sintomatología típica de la enfermedad, de las cuales se aisló una bacteria patogénica identificada como *Xanthomonas campestris*. Para encontrar fuentes de resistencia a la enfermedad, se evaluaron en el invernadero 35 materiales de *Brachiaria*, entre poblaciones sexuales e híbridos. De éstos, 18 materiales mostraron resistencia. Se realizó un estudio entre materiales susceptibles y resistentes, para confirmar la relación de susceptibilidad de *Brachiaria* con el nivel poblacional de la bacteria en la planta, para lo cual se seleccionaron dos materiales, BR97-405 (resistente) y CIAT 1015 (susceptible). Se logró desarrollar una herramienta para evaluar fuentes de resistencia a enfermedades bacterianas en *Brachiaria* spp. relacionando el nivel poblacional con la susceptibilidad, lo cual permitirá evitar pérdidas causadas por este patógeno en el campo.

Palabras clave: *Brachiaria* spp., *Xanthomonas campestris*, Enfermedades, Resistencia.

ABSTRACT. Identification of sources of resistance to *Xanthomonas campestris* in *Brachiaria* spp. In 1997 bacterial wilting was observed in some the *Brachiaria* accessions of the Improvement Program of the International Center of Tropical Agriculture (CIAT), in Palmira, Colombia, both in the greenhouse in Palmira (Valle) and in the field in Puerto López (Meta). Samples of *Brachiaria* CIAT 1051 were collected with typical symptoms of the disease, from which a pathogenic bacterium identified as *Xanthomonas campestris* was isolated. In order to find sources of resistance to the disease, 35 *Brachiaria* materials, sexual and hybrid populations were evaluated in the greenhouse. Of these, 18 showed resistance. A study of resistant and susceptible material was performed, to confirm the relation between *Brachiaria* susceptibility and the population level of the bacteria on the plant, for which two materials were selected, BR97-405 (resistant) and CIAT 1015 (susceptible). A tool was successfully developed to evaluate sources of resistance to bacterial diseases in *Brachiaria* spp. relating the population level with susceptibility, which will make it possible to avoid losses caused by this pathogen in the field.

Key words: *Brachiaria* spp., *Xanthomonas campestris*, Diseases, Resistance.

Introducción

El género *Brachiaria*, de la tribu Paniceae, contiene aproximadamente 100 especies que crecen en regiones tropicales y subtropicales de los hemisferios Oriental y Occidental, y se encuentran principalmente en África (Renvoize 1987). Siete especies perennes de origen africano se han utilizado como forraje en América tropical, Asia, Pacífico Sur y Australia. En la

actualidad, *Brachiaria* es el género que contribuye con más materiales forrajeros en el trópico, especialmente en América Central y América del Sur (Miles *et al.* 1998).

La primera introducción de *Brachiaria* en Colombia se remonta a mediados del siglo XIX, cuando *B. mutica* llegó en buques de carga. Desde 1955 se han introducido en Colombia materiales selecciona-

¹ Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. skelemu@cgiar.org

² Universidad del Tolima, Santa Helena, Ibagué, Colombia.

dos de *B. brizantha*, *B. decumbens*, *B. humidicola* y *B. dictyoneura*. En 1992, las pasturas constituidas por especies de *Brachiaria*, asociadas o no con leguminosas, contenían principalmente *B. decumbens* y *B. humidicola* y ocupaban cerca del 92% del área total dedicada a pasturas mejoradas en la región de Puerto López y Puerto Gaitán, en los Llanos Orientales de Colombia. En 1995 se habían sembrado en Colombia aproximadamente 3 millones de hectáreas con especies de *Brachiaria*, en especial *B. decumbens* (Miles *et al.* 1998).

La marchitez bacteriana es una enfermedad que ha sido investigada y descrita en especies forrajeras en Europa, especialmente en el Reino Unido, Noruega y Bélgica (Egli y Smidth 1982). El principal síntoma de la enfermedad es la marchitez de las hojas de la planta, que se inicia con un rayado blanco en los espacios internervales y continúa con clorosis y necrosis de las hojas. Los pastos infectados son menos persistentes en el campo; las plantas jóvenes, después de una infección artificial en invernadero, pueden morir en poco tiempo. El patógeno originalmente llamado *Xanthomonas graminis*, fue reclasificado como un patovar de *Xanthomonas campestris*, o sea, como *Xanthomonas campestris* pv. *graminis* (Egli y Smidth 1982).

El primer reporte de marchitez bacteriana en pasturas del género *Brachiaria* mencionaba a *B. mutica* como hospedante alterno de *X. campestris* pv. *vascuolorum*, un patógeno causante de gomosis en cultivos de caña de azúcar en el sur de Australia (Hughes 1938).

El género de bacterias *Xanthomonas* (Dowson 1939) se ha descrito como gram-negativa, obligadamente aeróbica, constituida por bacilos no fermentativos que pueden ser móviles por un flagelo polar y pueden producir un pigmento amarillo llamado xantomonadina. Todos los aislamientos reportados de este género han sido asociados con plantas y la mayoría ha sido relacionada con un hospedante en particular (Schaad 1988).

En Colombia se observó un marchitamiento, posiblemente bacteriano, en diferentes accesiones de *Brachiaria* del programa de mejoramiento del CIAT en 1997, cuando se sembró material proveniente de semilla de la estación CIAT-Popayán (Cauca) en los invernaderos de CIAT-Palmira (Valle) (J.W. Miles, *Comunicación personal*). En 1998 se presentaron síntomas de marchitez, iniciándose con un rayado albino y clorótico a lo largo de los espacios internervales en las hojas y en estado avanzado se presentó un enrollamiento de las hojas, similar al causado por condiciones

de sequía, provocando finalmente la muerte de las plantas en el invernadero y luego en el campo en Puerto López (Meta). A partir de ese año, la enfermedad se propagó debido al manejo del cultivo en los invernaderos. A comienzos de 1999, la enfermedad se encontraba presente en una gran cantidad de materiales desarrollados por el programa de mejoramiento de forrajes tropicales del CIAT. Esto hizo necesario el desarrollo de una metodología de selección de material resistente a la enfermedad para evitar su propagación en el campo; allí la enfermedad es prácticamente inmanejable, dada la extensión de las pasturas y los altos costos que representa su control.

Los objetivos de este trabajo fueron identificar el agente causal de la marchitez bacteriana de *Brachiaria* spp. y estudiar su comportamiento, con el fin de encontrar fuentes de resistencia entre los materiales desarrollados en el programa de mejoramiento de forrajes del CIAT, en Palmira, antes de ser llevados a parcelas comerciales. Esto permitió establecer una metodología de evaluación y preselección estable para los diferentes materiales desarrollados.

Materiales y métodos

Aislamiento

Se recolectaron muestras de *Brachiaria* CIAT 1015 (un cruce de *B. ruziziensis* 44-03 con *B. decumbens* CIAT 606) del invernadero del programa de mejoramiento de forrajes del CIAT, cuyas plantas presentaban la sintomatología típica de la enfermedad en su estado inicial, o sea, marchitez en las hojas y líneas albinas en los espacios internervales.

De las muestras de hojas se cortaron trozos de 1 cm, se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 1% durante 2 min y con etanol al 70% durante 1 min, y luego se lavaron tres veces con agua destilada estéril para eliminar el etanol. Una vez desinfectadas las muestras, se maceraron en un mortero con 1 ml de agua destilada estéril; del producto de la maceración se tomaron volúmenes de 50 ml y se sembraron en un medio de cultivo de agar nutriente (extracto de carne 3 g, bacto-peptona 5 g, bacto-agar 15 g, agua destilada 1 L Lab Difco, Detroit, MI, EEUU). Las muestras se dispersaron con un rastrillo de vidrio y un plato giratorio con el fin de obtener colonias independientes. Estas colonias se sembraron separadamente según sus características, con el fin de incrementarlas, en cajas con agar nutriente. A las 24 horas se trasladaron de nuevo a caldo nutritivo y se incubaron en un agitador New Brunswick Edison, NJ, USA, durante 17 horas a

200 r.p.m. y 28 °C. De este caldo se tomaron alícuotas de 750 µl, a las cuales se les adicionó 750 ml de glicerol estéril al 30% a cada una, y se procedió a guardarlas a -80 °C (Sambrook *et al.* 1989).

Inoculación

Se incrementaron las colonias bacterianas a partir de las células almacenadas en glicerol a -80 °C sobre medio de agar nutriente. Posteriormente, se prepararon 200 ml de caldo nutritivo en un Erlenmeyer de 500 ml que fue inoculado con las células que se incrementaron sobre el agar nutriente por un periodo de 24 h. Este caldo fue incubado en un agitador (New Brunswick Scientific, Edison, NJ, USA) a 200 r.p.m. y 28 °C durante 14 h. Después se centrifugó el medio de caldo nutritivo durante 15 min a 4000 r.p.m. y 4 °C y se siguió el siguiente protocolo: Se preparó una dilución $O.D_{600} = 0,1$ de las bacterias en agua destilada estéril usando un espectofotómetro (Spectronic 20, Baush & Lomb, USA) y se inocularon con él plantas de *Brachiaria* 1015, aplicando los siguientes métodos: 1. Inoculación de las hojas con aguja: se introdujeron dos agujas hipodérmicas juntas en la suspensión bacteriana para recoger una muestra y se punzó la hoja con ellas. 2. Introducción de la raíz en suspensión bacteriana durante 12 h y trasplante de la misma a suelo estéril. 3. Introducción de tijeras en la suspensión bacteriana para cortar las hojas con ellas. 4. Aspersión de la solución bacteriana sobre la planta añadiendo Tween 20 al 5%. 5. Inyección de suspensión bacteriana en el tallo de la planta mediante jeringa y aguja hipodérmica. 6. Inoculación mediante una prensa que lleva en una de sus caras una espuma que ha sido remojada previamente en la suspensión bacteriana y en la otra agujas hipodérmicas que también han sido sumergidas previamente en la suspensión bacteriana y entre las dos se prensa la hoja por algunos segundos.

Las plantas inoculadas se llevaron a un cuarto con humedad relativa entre 60% y 70% y a 27°C por 48 h, y luego se trasladaron a un cuarto de crecimiento con las siguientes condiciones: 28 a 30 °C, 70% HR y, fotoperíodo de 12 h; donde permanecieron hasta que aparecieron los síntomas de marchitez.

Finalmente, se esperó la expresión de los síntomas en las plantas para evaluarlas según el efecto del patógeno.

Los testigos se inocularon con agua destilada estéril aplicando las metodologías antes descritas y se inocularon plantas de *Brachiaria* 1015 completamente sanas.

Identificación taxonómica

Con la bacteria patogénica seleccionada se procedió a realizar diferentes pruebas bioquímicas, siguiendo la metodología de clasificación de bacterias patogénicas (Schaad 1988). Estas pruebas permitieron estudiar el comportamiento biológico y químico del patógeno y así facilitar su identificación.

Evaluación de resistencia de *Brachiaria*

Para identificar las fuentes de resistencia en *Brachiaria*, se inocularon 35 materiales, los cuales se evaluaron para detectar la expresión de los síntomas en condiciones de invernadero. La evaluación consideró dos tipos de plantas según su respuesta: a. Susceptible: si se desarrollaron los síntomas de enrollamiento de la hoja, rayado clorótico y albino a lo largo de la hoja inoculada hasta causar su necrosis 15 días después. b. Resistente: si las plantas conservaron una apariencia sana a los 15 días después de la inoculación.

Mutante del patógeno resistente a rifampicina

El propósito de crear este mutante fue marcar la bacteria para realizar el estudio de la dinámica poblacional del patógeno en plantas de *Brachiaria* spp. El propósito fue evitar errores en el recuento de las unidades formadoras de colonias al momento del reaislamiento del patógeno inoculado en las plantas, ya que éstas pueden contener diferentes tipos de bacterias.

Para obtener la bacteria resistente a Rifampicina, se realizó el procedimiento de evaluación empleando el método del gradiente de concentraciones de este antibiótico, incrementando la concentración hasta llegar a 25 µg/ml.

La bacteria resistente o mutante debe conservar las mismas características de la bacteria original, como ritmo de crecimiento, color y patogenicidad, que es la capacidad que tiene el organismo para causar daño a la planta. Se compararon la bacteria original y la mutante, dejándolas crecer en medio líquido a partir de una concentración conocida $O.D_{600}=0,01$ utilizando para ello un espectofotómetro y haciendo observaciones cada hora para la elaboración de la curva de crecimiento por medición de la densidad óptica.

Dinámica poblacional de la bacteria en la planta

Preparación del inóculo. De las bacterias resistentes al antibiótico (Rifampicina 25 µg/ml) y guardadas a -80 °C en glicerol al 20% se tomó una muestra con un palillo estéril y se sembró sobre un medio de cultivo de agar nutriente que contenía la concentración del

antibiótico a la cual es resistente la bacteria. Esta fue incubada a 28 °C para incrementarla nuevamente. Una vez incrementada, se tomaron una o dos colonias con un palillo estéril y se inocularon con ella 200 ml de caldo nutritivo más antibiótico, que se incubaron en un agitador a 200 r.p.m. y a 28 °C. Después de 17 horas, este caldo fue centrifugado a 4000 r.p.m. durante 15 min y a 4 °C, se descartó el sobrenadante, y se resuspendieron las células en agua destilada estéril y se llevaron a $O.D_{600} = 0,3$ en un espectofotómetro.

Metodología de inoculación. La inoculación se realizó en plantas de crecimiento homogéneo de aproximadamente 40 días, usando la técnica de corte del ápice de las hojas con tijeras que fueron previamente sumergidas en el inóculo. En cada planta se inoculó la segunda hoja más joven de la planta.

Cuantificación de la población de la bacteria en las plantas. Se evaluó el desarrollo del patógeno calculando el número de unidades formadoras de colonias (CFU) en plantas susceptibles y resistentes durante 13 días. Estos datos se graficaron (CFU vs tiempo, en días).

Para evaluar el crecimiento y la multiplicación de la bacteria dentro de la planta, se procedió de la siguiente manera, del día 1 al 13:

- Se tomó la hoja inoculada (lámina foliar completa) de la planta, se dividió en partes de 1 cm de largo y se desinfectó la superficie; luego se maceró en un mortero con 1 ml de agua destilada estéril, tomándose 100 μ l para realizar diluciones seriadas hasta llegar a 10^{-10} .
- Se tomaron muestras de 10 μ l de cada valor de la dilución y se sembraron en cajas de Petri sobre medio de cultivo PDA (Potato-Dextrosa-agar) que contenía el antibiótico Rifampicina 25 μ g/ml; se usaron cuatro muestras de cada dilución. Después de 48 h, a 28 °C, se contaron las colonias individuales que se formaron y se llevaron luego a un volumen total de 1 ml, para obtener así el dato total de cada hoja evaluada.

Relación patógeno-planta. Para establecer los estados de desarrollo de la sintomatología de la enfermedad se estableció una escala visual de severidad de síntomas en la planta. La escala utilizada fue la siguiente: 0= Planta sana el día de la inoculación. 1= Inicio del desarrollo de necrosis en el sitio del corte. 2= Presencia de líneas cloróticas internervales alrededor del sitio de corte. 3= Líneas cloróticas presentes en las hojas, las cuales a veces tratan de cerrarse. 4= Necrosis presente en el sitio de inoculación y desarrollo de síntomas en el resto de la hoja. y 5= Muerte de la hoja inoculada.

Análisis estadístico

El ensayo se ajustó a un diseño completamente al azar con dos tratamientos: accesión susceptible y accesión resistente. Se evaluaron tres plantas por día de cada tipo de accesión. Las evaluaciones se realizaron durante 13 días, iniciando media hora después de haber sido realizada la inoculación. Se utilizaron 78 unidades experimentales. El análisis estadístico se hizo por comparación de medias empleando el programa SAS.

Resultados y discusión

Metodologías de inoculación

Mediante las pruebas de patogenicidad se determinó que de las metodologías de inoculación evaluadas la más eficiente fue el corte del ápice de la hoja con tijeras previamente sumergidas en una suspensión de inóculo de concentración conocida, porque al utilizarla se obtuvieron los síntomas observados originalmente en las plantas que se encontraron afectadas en campo e invernadero. Con este resultado, se procedió a identificar el agente causal de la enfermedad mediante pruebas bioquímicas, determinándose *Xanthomonas campestris* (Bergey *et al.* 1984) (Fig. 1 y 2).



Figura 1. Síntomas de marchitez bacteriana en el campo.



Figura 2. Síntomas de marchitez bacteriana en plantas inoculadas en el invernadero.

Fuentes de resistencia en *Brachiaria* spp.

De los 35 materiales de *Brachiaria* evaluados se determinó resistencia en 18 materiales evaluados (Cuadro 1).

El desarrollo de resistencia es la medida más importante para el control de la marchitez bacterial. Las metodologías de inoculación para evaluar poblaciones de especies de plantas hospedantes han sido desarrolladas utilizando ciclos de selección recurrente para forrajes como el centeno y forrajeras de diferentes géneros, inoculadas artificialmente en invernadero con un aislamiento altamente agresivo de *X. campestris* pv. *graminis* (Michel 2001).

La metodología de corte con tijera para la selección de materiales resistentes a marchitez bacterial permitió la evaluación de los materiales de *Brachiaria* spp. que mostraban resistencia para llevarlos al campo. El corto tiempo en el que se muestran los síntomas y las facilidades de manejo de material hacen de esta metodología una alternativa de evaluación eficiente.

Mutante del patógeno resistente a Rifampicina

Después de evaluar la resistencia de la bacteria a diferentes concentraciones del antibiótico se seleccionó la concentración de 25 µg/ml. Al exponer la bacteria a esta concentración no sufrió cambios ni en sus características morfológicas ni en las patogénicas. Tampoco presentó diferencias significativas en cuanto al ritmo de crecimiento (Fig. 3).

En trabajos anteriores de dinámica de crecimiento de *X. campestris* en hojas de diferentes cultivares de arroz, se apreció la aplicabilidad de obtener aislamientos de bacterias resistentes a antibióticos, ya que de este modo se realiza una evaluación sin la interferencia en el conteo con bacterias que se encuentran en la planta en el momento de la inoculación o que se desarrollan en ella, como saprófitos dado el efecto de la muerte de los tejidos por la invasión de la bacteria causante de marchitez bacterial (Barton-Willis *et al.* 1989).

Dinámica poblacional de la bacteria en la planta

En los tres primeros días de la evaluación, se observó un comportamiento homogéneo tanto en el material resistente como en el material susceptible, al no presentarse diferencias significativas en el desarrollo de la población bacterial (Fig. 4) A partir del cuarto día se observaron diferencias significativas; encontrándose una población mayor de la bacteria en el material susceptible CIAT 1015. Este incremento de población continuó presentando diferencias signifi-

Cuadro 1. Materiales de *Brachiaria* que fueron evaluados para encontrar fuentes de resistencia a *X. campestris*.

Genotipo	Origen del material	Reacción a la bacteria
BR 97 NO/ 0047	Selección, población sexual, 1997	R
BR 97 NO/ 0082	Selección, población sexual, 1997	S
BR 97 NO/ 0155	Selección, población sexual, 1997	S
BR 97 NO/ 0383	Selección, población sexual, 1997	S
BR 97 NO/ 0402	Selección, población sexual, 1997	R
BR 97 NO/ 0405	Selección, población sexual, 1997	R
BR 97 NO/ 0457	Selección, población sexual, 1997	R
BR 97 NO/ 1143	Selección, población sexual, 1997	S
BR 97 NO/ 1173	Selección, población sexual, 1997	S
BR 97 NO/ 2965	Selección, población sexual, 1997	R
BR 98 NO/ 0709	Híbrido, sexual	S
BR 98 NO/ 0773	Híbrido, sexual	S
BR 98 NO/ 1251	Híbrido apomítico	R
BR 99 NO/ 4015	Híbrido apomítico	R
BR 99 NO/ 4016	Híbrido, sexual	S
BR 99 NO/ 4099	Híbrido, sexual	R
BR 99 NO/ 4132	Híbrido apomítico	S
BR 99 NO/ 4138	Híbrido, sexual	R
BR 99 NO/ 4278	Híbrido, sexual	S
BRUZ4X/ 4402	<i>B. ruziziensis</i> , tetraploide sexual	S
FM 9503/ 46/024	Híbrido apomítico	S
CIAT 606	<i>B. decumbens</i> cv. Basilisk	R
CIAT 679	<i>B. humidicola</i> cv. Tully	R
CIAT/ 1015	<i>B. ruziziensis</i> tetraploide x <i>B. decumbens</i> CIAT606	S
CIAT 6133	<i>B. humidicola</i> cv. Llanero	R
CIAT 6294	<i>B. brizantha</i> , accesión CIAT	R
CIAT 6780	<i>B. brizantha</i> , accesión CIAT	S
CIAT 16322	<i>B. brizantha</i> , accesión CIAT	R
CIAT 16488	<i>B. brizantha</i> , accesión CIAT	S
CIAT 26110	<i>B. brizantha</i> , accesión CIAT	R
CIAT 26124	<i>B. brizantha</i> , accesión CIAT	R
CIAT 26318	<i>B. brizantha</i> , accesión CIAT	R
CIAT 26556-G	<i>B. brizantha</i> , accesión CIAT	R
CIAT 36061	Híbrido apomítico "precomercial"	S
CIAT 36062	Híbrido apomítico	S

R = resistente, S = susceptible

cativas entre los dos materiales hasta el día 13, cuando culminó la evaluación. El mayor grado de diferencia significativa entre los materiales CIAT 1015 y BR 97-405 se observó a partir del día octavo, incrementándose la población de *X. campestris*. Sin embargo, sólo se observaron los síntomas en CIAT 1015, material en el que la bacteria causó la muerte de las plantas.

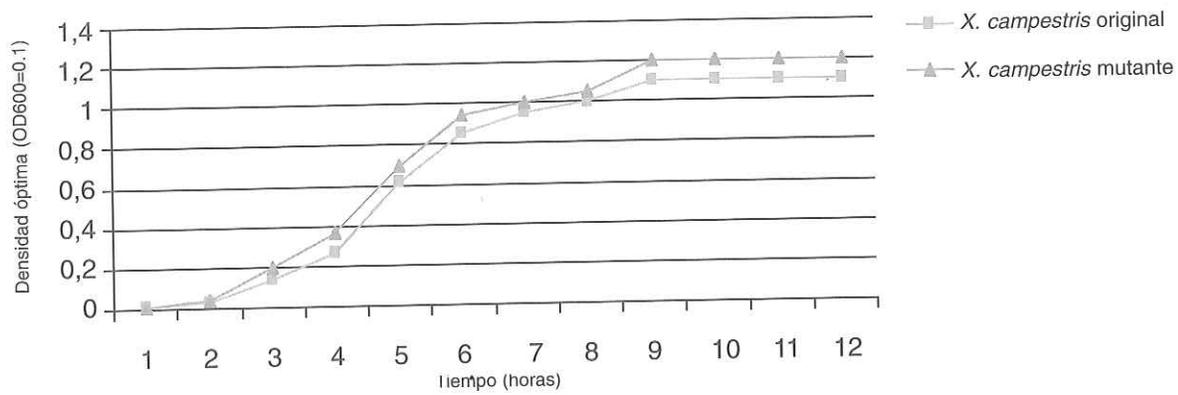


Figura 3. Curva de crecimiento comparativa entre *X. campestris* original y *X. campestris* mutante.

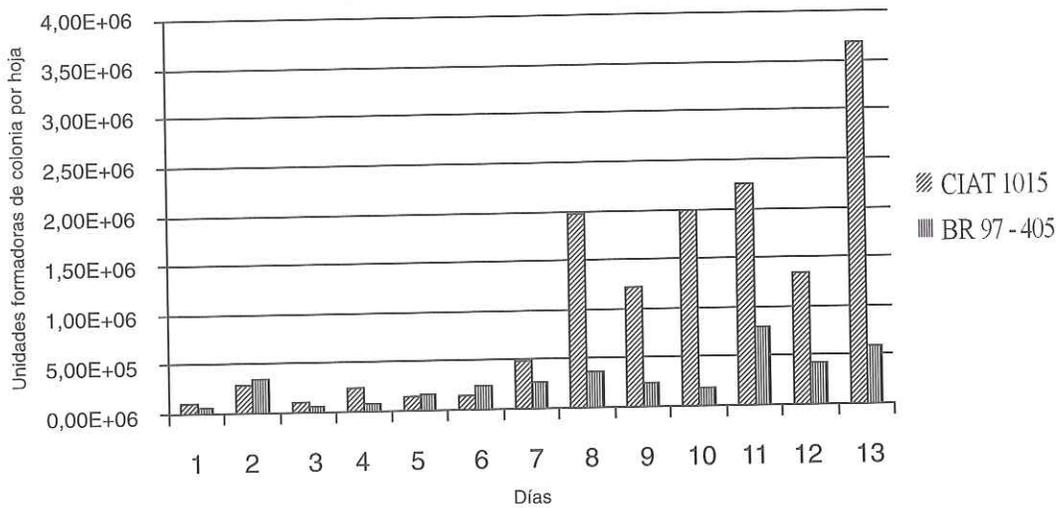


Figura 4. Dinámica poblacional de *X. campestris* en *Brachiaria* spp. en escala aritmética.

BR 97-405, por su parte, permitió el desarrollo de la bacteria a niveles no patogénicos, lo que indica que este material de *Brachiaria* puede ser clasificado como resistente.

Este resultado evidenció la relación entre resistencia y nivel poblacional de la bacteria en la planta, lo cual se confirmó al cuantificar la población bacteriana día a día en plantas de *Brachiaria* spp. susceptibles y resistentes a la marchitez bacterial.

Relación patógeno-planta

La escala visual definida (Fig. 5) permitió establecer una metodología para la evaluación de materiales

promisorios de *Brachiaria* spp. inoculados con la bacteria y determinar los materiales susceptibles y resistentes a la enfermedad, de acuerdo a los niveles de resistencia mostrados por las plantas en el invernadero. Esto es muy importante para que los materiales utilizados en el campo sean aquellos que se han identificado como resistentes. En Colombia, la enfermedad no ha causado problemas a nivel de campo, pero dado la extensión de tierras sembradas de *Brachiaria* y la importancia de la actividad ganadera, y la poca factibilidad de control de este patógeno en el campo, la prevención mediante la selección de materiales resistentes a la enfermedad es una medida prioritaria.

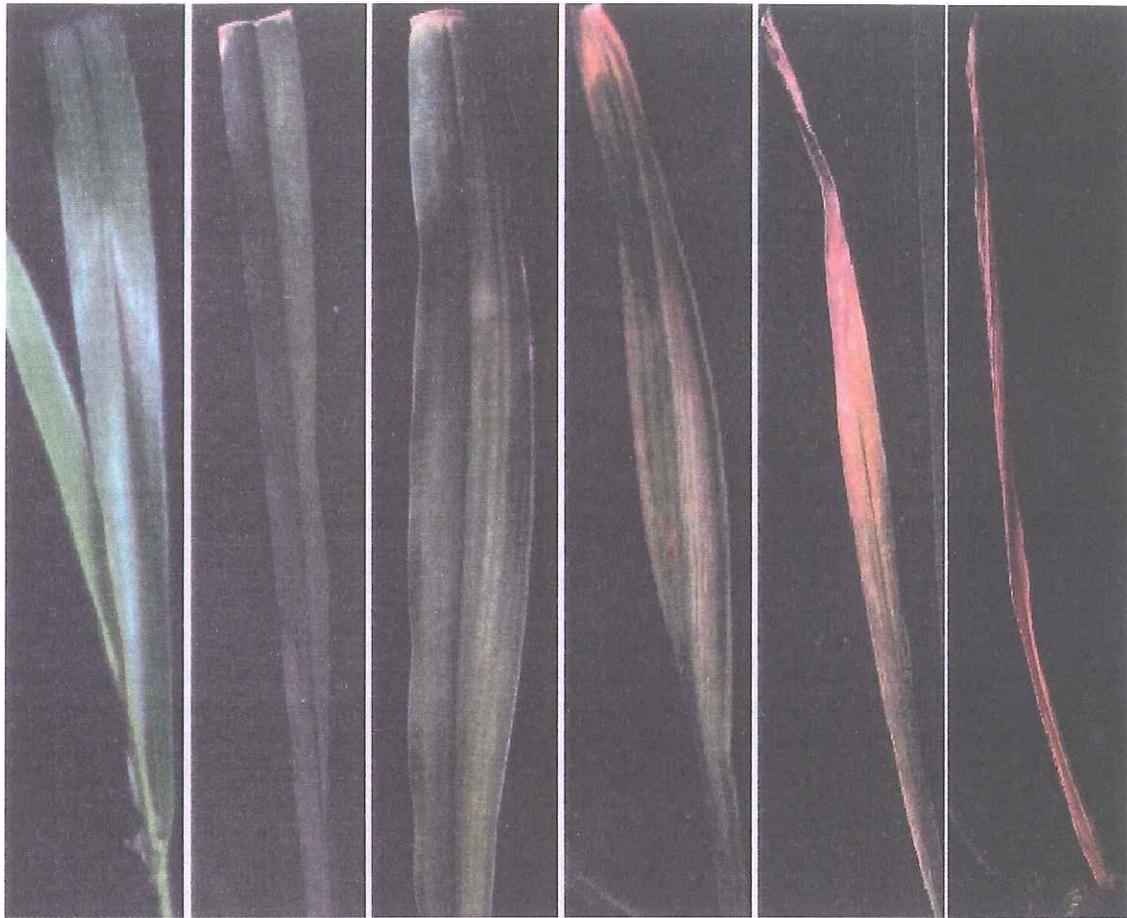


Figura 5. Escala para evaluar el desarrollo de los síntomas de marchitez en las plantas susceptibles de *Brachiaria* spp.

Agradecimiento

A Camilo Plazas por facilitar la fotografía de los síntomas de marchitez en el campo, a Ximena Bonilla por su asistencia técnica y al Dr. J. W. Miles por facilitar los materiales de *Brachiaria* para los ensayos.

Literatura citada

- Barton-Willis, PA; Roberts, DP; Guo, AY; Leach, JE. 1989. Grow dynamics of *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae* in leaves of rice differential cultivars. *Phytopathology* 79: 573-578.
- Bergey, DD; Sneath, PHA. 1984. *Bergey's manual of systematic bacteriology*. Baltimore, Williams & Wilkins. p. 200-207.
- Egli, T; Schmidt, D. 1982. Pathogenic variation among the causal agents of bacterial wilt of forage grasses. *Journal of Phytopathology* 104:138-150.
- Hughes. 1938. *Proceedings of VIth International Society of Sugar Cane Technologist*. p.430-437.
- Michel, VV. 2001. Interactions between *Xanthomonas campestris* pv. *graminis* strains and meadow fescue and Italian Rye grass cultivars. *Plant Dis.* 85: 538-542.
- Miles, JW; Maass, BL; Do Valle, CB Ed. 1998. *Brachiaria: Biology, agronomy and improvement*. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 302 p.
- Renvoize, SA. 1987. A survey of leaf blade anatomy in grasses; XI: Paniceae. *Kew Bull.* 42(3):739-768.
- Sambrook, J; Fritsch, EF; Maniatis, T. 1989. *Molecular cloning: A laboratory manual*. 2 ed. New York, Cold Spring Harbor Laboratory.
- Schaad, NW Ed. 1988. *Laboratory guide for identification of plant pathogenic bacteria*. 2 ed. St Paul, Minnesota, APS.

Evaluación de coberturas plásticas para el manejo de plagas en el occidente de México

Mario Orozco-Santos¹
Javier Farias-Larios²
José Gerardo López-Aguirre²

RESUMEN. El uso de coberturas plásticas del suelo representa un componente importante en la producción hortícola moderna. Por tanto, se evaluó el efecto del acolchado del suelo con plásticos de cuatro colores sobre la incidencia de insectos y virosis, así como sobre la temperatura del suelo y la producción de melón, en una fecha de siembra tardía, en el occidente de México. Se usaron plásticos transparente, blanco, pardo y negro, distribuidos en un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones. Ellos redujeron la incidencia de pulgones alados (*Aphis gossypii* y *Myzus persicae*) durante los primeros 40 días después de la siembra. La población de ninfas y adultos de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) también se redujo. Los síntomas de virosis en plantas crecidas sobre los cuatro tipos de plástico, se retrasaron hasta por 45 días después de la siembra. En los tratamientos con plásticos la temperatura del suelo, a 10 cm de profundidad, fue mayor que en el suelo desnudo. El rendimiento comercial fue mayor en plantas con plásticos blanco, pardo y negro. Se demostró el efecto benéfico de los plásticos en el manejo de insectos, enfermedades y producción de melón sembrado en una fecha tardía, en condiciones de trópico seco.

Palabras clave: Coberturas plásticas, Insectos, Virosis, *Bemisia tabaci*, *Aphis gossypii*, *Myzus persicae*, Melón.

ABSTRACT. Evaluation of plastic covers for the management of pests in Western Mexico. The use of plastic covers of soil represents an important component in modern horticultural production. Therefore, the effect of covering the soil with plastics of four colors on the incidence of insects and viruses, as well as the soil temperature and melon production, was evaluated on a late sowing date in Western Mexico. Transparent, white, brown and black plastics were used, distributed in random blocks, with four replications. These decreased the incidence of winged aphids (*Aphis gossypii* y *Myzus persicae*) during the first 40 days after sowing. The populations of nymphs and adult whitefly (*Bemisia tabaci*) were also reduced. The symptoms of virus on plants growing under the four types of plastic were delayed for 45 days after sowing. In the treatments with plastic the soil temperature, to a depth of 10 cm, was higher than the bare soil. Commercial yields were greater on plants with white, brown and black plastics. The beneficial effect of the plastics on the management of insects, diseases and for melon production sown late, in dry tropical conditions, was demonstrated.

Key words: Plastic covers, Insects, Virus, *Bemisia tabaci*, *Aphis gossypii*, *Myzus persicae*, Melón.

Introducción

El uso de materiales orgánicos o sintéticos como coberturas del suelo tiene el objetivo de protegerlo de la erosión y desecación, conservar la humedad, incrementar la temperatura, reducir la incidencia de malezas e impedir el contacto directo entre los frutos y éste (Albregts y Chandler 1993, Manrique 1995). El origen de esta práctica agrícola es muy antigua, pero

en los últimos años ha adquirido gran relevancia como parte integral de los sistemas tecnificados de producción hortícola, ante la demanda de los mercados de productos atractivos y sin defectos estéticos.

En la actualidad, en la agricultura se utilizan coberturas fabricadas con materiales plásticos, de diversos colores y grosores, los cuales tienen objetivos específicos. Los plásticos con colores reflectivos o

¹ INIFAP, Campo Experimental Tecomán. Apartado postal 88. Tecomán, Colima, México. 28100. orozco_santos@yahoo.com

² Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Colima. Tecomán, Colima, México. jfarias89@hotmail.com

aluminados tienen un efecto repelente sobre insectos plagas como pulgones (*Aphis gossypii* Glover y *Myzus persicae* Sulzer) (Jones 1991, Brown *et al.* 1995), mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius) (Kelly *et al.* 1989, Csizinszky *et al.* 1997) y trips (*Frankliniella* spp.) (Greenough *et al.* 1990). Otros efectos benéficos del uso de plásticos son el incremento de la temperatura del suelo, estimula el crecimiento de las raíces y la absorción de nutrimentos, favorece un mayor desarrollo de las plantas, reduce la evaporación del agua del suelo, y aumenta los rendimientos de diversos cultivos (Decoteau *et al.* 1989, Al-Assir *et al.* 1992, Rubeiz *et al.* 1991, Tindall *et al.* 1991, Abdul-Baki *et al.* 1992, Grubinger *et al.* 1993, Ham *et al.* 1993, Wien *et al.* 1993, Farias-Larios *et al.* 1994a, 1994b).

En el occidente de México, la información generada sobre el efecto de los plásticos en la incidencia de los principales insectos plagas y enfermedades, así como sobre la producción de melón es muy limitada. Por tanto, los productores emplean indistintamente cualquier tipo y color de plástico, y en muchas ocasiones los resultados no son satisfactorios a pesar de los elevados costos.

El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de las coberturas plásticas de cuatro colores sobre la incidencia de insectos plaga y virosis, y en la producción de melón cv. Durango, en una fecha tardía de siembra.

Materiales y métodos

El estudio se inició en febrero de 1997 en una plantación comercial de melón cv. Durango, bajo un sistema de producción tecnificado con riego por goteo, en los terrenos del Campo Experimental Tecomán, localizado en el valle de Tecomán, Colima, México a 18° 51' N y 103° 50' O, a 40 msnm, con una temperatura media anual de 26 °C y una humedad relativa de 73,3%. El clima de la zona se clasifica como cálido seco. Las características del suelo son: pH de 6,5; 3% de materia orgánica y textura arcillosa (SPP 1985).

La siembra del melón se realizó en febrero, lo cual corresponde a la época tardía que comprende a los meses de enero y febrero. Estas siembras son fuertemente afectadas por plagas como pulgones, mosca blanca, minadores de hoja, trips y barrenadores del fruto debido a que éstos insectos se han reproducido en las plantaciones de melón sembradas desde octubre y migran a las plantaciones establecidas varios meses más tarde. Además las siembras tardías presentan muchos problemas de virosis por la abundancia de los insectos vectores.

Se evaluaron cuatro colores de plástico: transparente, blanco, pardo y negro. Además se incluyó un testigo sin plástico (suelo desnudo). Los plásticos eran polietileno de baja densidad y calibre 125 micrones de grosor y 2 m de ancho (Exportadora de Plásticos Agrícolas, Guadalajara, Jalisco, México).

Los plásticos fueron colocados manualmente y para la siembra se perforaron hoyos de 8,5 cm de diámetro. El manejo de cultivo fue el utilizado por los productores de la zona. La siembra del melón, híbrido Durango se realizó de forma manual, depositando una semilla cada 23 cm al centro de cada cama, para una población teórica de 24 426 plantas/ha. El cultivo se fertilizó mediante el sistema de riego por goteo, usando la fórmula 120-108-150 (N-P-K), respectivamente. Durante todo el ciclo del cultivo, se realizaron ocho aplicaciones de insecticidas (metamidofos, imidacloprid, permetrina y endosulfán) y tres de fungicidas (clorotalonil, mancozeb y metalaxil) para el control de mosca blanca, minador, pulgones y barrenador del fruto y de enfermedades foliares como mildiú y cenicilla.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental consistió de cuatro camas de 6,90 m de longitud de 1,78 m de ancho, mientras que la parcela útil fueron las dos camas centrales. Las variables de respuesta fueron: abundancia de pulgones (*A. gossypii* y *M. persicae*), de ninfas y adultos de *B. tabaci*, incidencia de virosis, temperatura del suelo, número de frutos y rendimiento de melón (total de frutos con calidad comercial, tamaño y peso de fruto).

La abundancia de pulgones fue determinada mediante recipientes trampa tipo Moericke (28 x 22 x 12 cm) de plástico amarillo conteniendo una mezcla de agua y detergente (Moericke 1953, Seco *et al.* 1990). Estos fueron colocados al centro de cada unidad experimental y el número de áfidos atrapados fue registrado cada tres días.

La abundancia de ninfas de *B. tabaci* se determinó a los 45 días después de la siembra (dds), en cinco muestras de dos hojas basales obtenidas de ocho plantas y utilizando un microscopio de disección 10X. La abundancia de adultos de esta plaga fue estimada cada tres días en 20 plantas (en la tercera y cuarta hoja por guía principal) por cada tratamiento. La evaluación se realizó en las primeras horas del día (7:00-8:00 h), antes de que se iniciara su actividad, para lo cual las hojas fueron volteadas cuidadosamente (Butler y Henneberry 1991).

La incidencia de plantas viróticas se determinó visualmente con base en los síntomas foliares, tales como mosaicos, ampollamientos, distorsión de hojas, entrenudos cortos y parte terminal de las guías erectas (Blancard *et al.* 1996, Zitter *et al.* 1996). La evaluación se realizó cada tres días. La evaluación se inició a los 30 dds, cuando los síntomas iniciales fueron detectados y concluyó a los 65 dds, cuando las plantas del testigo mostraron el valor máximo de incidencia de la enfermedad.

Durante todo el ciclo del cultivo, la temperatura del suelo se registró cada tres días, a las 08:00, 13:00 y 18:00 h, a una profundidad de 10 cm; utilizando termómetros metálicos (Monks *et al.* 1997).

La cosecha se efectuó diariamente durante todas las semanas. El número de frutos de cada tratamiento se contabilizó y clasificó según las categorías comerciales en fruta para mercado nacional y de exportación. Las categorías se clasificaron según el tamaño de los frutos que completan una caja de 40 libras (18,2 kg). Los tamaños fueron: 9, 12, 15, 18 y 23 frutos/caja.

En cuanto al análisis estadístico, se efectuó un análisis de varianza y los promedios fueron comparados mediante la prueba de Tukey al 0,05 de probabilidad utilizando el paquete estadístico SAS.

Resultados y discusión

Abundancia de pulgones

En todos los tratamientos con plásticos se redujo la captura de pulgones alados en trampas durante los primeros 40 dds, en comparación con el testigo (Fig. 1). En los primeros tres muestreos (13, 20 y 27 dds), las plantas de los tratamientos con plástico blanco y transpa-

rente registraron la menor abundancia de pulgones (menos de 10 pulgones/trampa/semana), seguidas por las del tratamiento con plástico pardo y negro. En el testigo se capturaron entre 30 y 60 pulgones/trampa/semana. Aunque no se estimó el número de pulgones de cada especie, las especies más comunes fueron *Uroleucon ambrosiae* Thomas, *A. gossypii*, *A. spiraecola* Patch., *M. persicae* y *Rhopalosiphum maidis* Fitch.

Las aplicaciones de insecticidas realizadas durante el ciclo del cultivo tuvieron poco efecto sobre las poblaciones de pulgones alados capturados en las trampas, debido a que únicamente *A. gossypii* se encontró colonizando hojas de melón y el resto de las especies fueron poblaciones migratorias que provenían de otros hospedantes fuera de la parcela experimental. *A. gossypii* es una plaga polífaga que posee numerosos hospedantes, entre los que se encuentran las cucurbitáceas y otras hortalizas, algodón, plantas ornamentales y diversas especies de malezas (Blackman y Eastop 1984).

Abundancia de *B. tabaci*

La abundancia de ninfas se redujo notoriamente ($P < 0,05$) en todos los tratamientos en comparación con el testigo (Cuadro 1), pero no se estableció diferencia entre las coberturas plásticas. Se registraron poblaciones elevadas de mosca blanca durante todo el ciclo del cultivo, llegando a contabilizarse hasta 50 adultos por hoja en las plantas del testigo (Fig. 2). Todas las plantas de los tratamientos con plástico presentaron menor abundancia de mosca blanca en comparación con las del testigo, lo cual fue evidente en los muestreos realizados a los 13, 18 y 25 dds. A los 55 dds

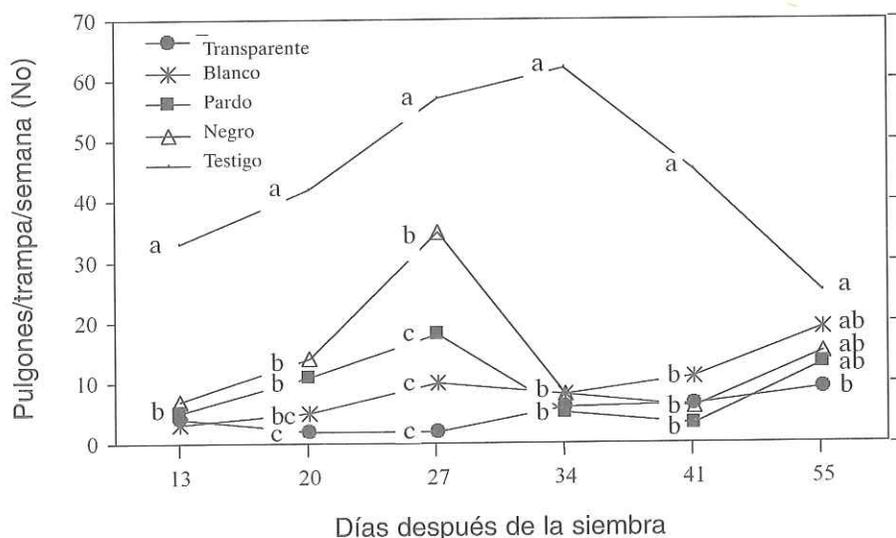


Figura 1. Número de pulgones por trampa, por semana, en los tratamientos con coberturas plásticas de cuatro colores y el testigo. Colima, México.

no existió diferencia significativa entre colores de plástico y el testigo, lo que se atribuye a la pérdidas de reflexión de la luz solar por parte de los diferentes plásticos, debida a la cobertura del follaje de las plantas sobre los plásticos.

La población de ninfas de *B. tabaci* a los 45 dds en los diferentes colores de plástico fue un reflejo de la población de adultos ocurrida de los 25 a 35 dds, considerando la biología del insecto y los tiempos que transcurren de huevecillo a los diferentes estadios ninfales (Bellows *et al.* 1994, Salas y Mendoza 1995). Las aplicaciones de insecticidas al follaje del melón tuvieron un marcado efecto sobre las poblaciones de adultos de mosca blanca durante los primeros 35 dds. El número de insectos por hoja fue reducido notablemente después de las aplicaciones (Fig. 2).

Cuadro 1. Abundancia de ninfas de *B. tabaci* en hojas de melón Cv. Durango, usando coberturas plásticas de cuatro colores. Colima, México.

Tratamiento	Ninfas/cm ² (No)
Transparente	5,2 a
Blanco	10,9 a
Pardo	5,3 a
Negro	6,2 a
Testigo	36,8 b

El conteo de ninfas se realizó a los 45 dds. Separación de medias según la prueba de Tukey (P = 0,05).

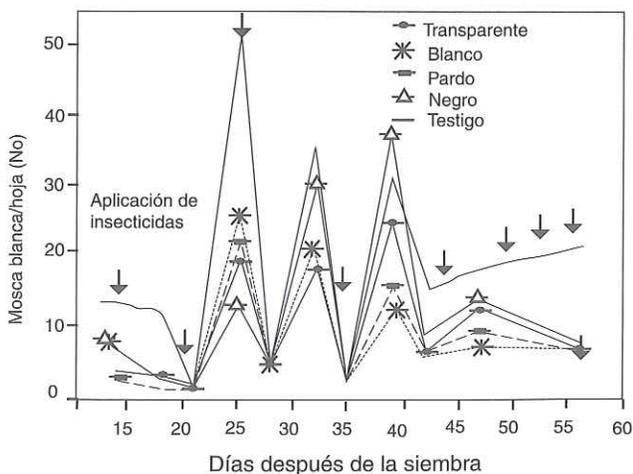


Figura 2. Número de adultos de *B. tabaci* por hoja, promedio para cada fecha de muestreo, con coberturas plásticas de cuatro colores y el testigo. Colima, México. Las flechas indican las fechas de aplicación de insecticidas.

Incidencia de virosis

En las plantas de los tratamientos con plásticos los síntomas de virosis aparecieron a los 45 dds mientras que en las plantas del testigo aparecieron a los 30 dds. En las parcelas cubiertas con plástico transparente, negro y blanco se registraron los menores porcentajes de plantas enfermas (entre 4 y 8%), en comparación con las del tratamiento con plástico pardo y el testigo con casi 16% de plantas enfermas (Fig. 3).

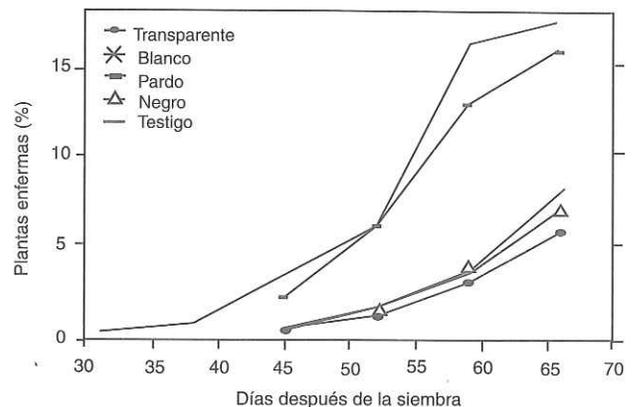


Figura 3. Incidencia de virosis en plantas de melón con coberturas plásticas de cuatro colores y el testigo. Colima, México.

En este experimento no se realizó la identificación de los virus; no obstante, en un experimento contiguo los virus presentes fueron identificados mediante la técnica ELISA, siendo los más comunes: *Virus del mosaico de la sandía variante 2*, *Virus de la mancha anular del papayo variante sandía*, *Virus del mosaico del pepino*, *Virus del Mosaico amarillo del zucchini* y *Virus del mosaico de la calabaza*.

La baja incidencia de virosis en las plantas del testigo se atribuye a la baja población de pulgones alados capturados en las trampas amarillas. Los parcelas con coberturas de plástico blanco y transparente, registraron menor captura de pulgones; lo cual se atribuye al efecto repelente sobre estos insectos (Kelly *et al.* 1989, Jones 1991, Brown *et al.* 1995), debido a la mayor reflexión de la radiación solar de estos plásticos en comparación con los opacos como el negro (Kring y Schuster 1992). Con el plástico pardo se registró una menor captura de pulgones alados; sin embargo, presentó una incidencia de virosis similar al testigo. Este

resultado podría estar relacionado con las especies de pulgones capturados en los diferentes colores de plástico, ya que se ha demostrado que el color posee efecto en la captura de especies de pulgones (Boiteau 1990) y por otro lado, la eficiencia de transmisión de virus en cucurbitáceas varía con la especie de pulgón (Adlerz 1987).

Es importante destacar que los virus presentes en el experimento contiguo, excepto el *Virus del mosaico de la calabaza*, son transmitidos principalmente por áfidos o pulgones (Namet *et al.* 1986), lo cual explica los bajos niveles de virosis en el testigo, dado la baja cantidad de pulgones.

Temperaturas del suelo

Todos los plásticos evaluados incrementaron la temperatura del suelo en las horas en que se realizó las evaluaciones, en comparación con el testigo (Fig. 4). Las camas cubiertas con plástico transparente registraron las temperaturas más altas, seguido por el plástico blanco. No hubo diferencias en las temperaturas registradas con los tratamientos con el plástico pardo y negro. A medida que avanzó el día, la temperatura se fue incrementando en todas las parcelas con plástico. Este efecto fue más notorio con el plástico transparente, principalmente, en la temperatura promedio vespertina (37,9°C), la cual se incrementó en 12% con relación a la del mediodía. Con el plástico blanco, la temperatura de la tarde fue de 33,1°C con un incremento de 4% con respecto a la registrada a las 13:00 h.

El mayor incremento de las temperaturas del suelo se obtuvo con el plástico transparente; sin embargo, esto no se reflejó en mayor producción con respecto a

los otros colores de plástico, por lo que el incremento adicional de temperaturas del plástico transparente no tuvo efectos benéficos con relación a cualquiera de los otros plásticos evaluados. Al-Assir *et al.* (1992), reportaron resultados similares al evaluar plástico transparente y negro en melón en la región Mediterránea, registrándose para el plástico transparente mayor temperatura del suelo pero sin incrementar el rendimiento del cultivo. De igual manera Monks *et al.* (1997) informaron un incremento en la temperatura del suelo, debida a la cobertura.

Número de frutos por parcela

En todas las parcelas cubiertas con plástico, se incrementó el número de frutos con calidad de exportación, en comparación con las parcelas del testigo (Cuadro 2). Las plantas de los tratamientos con plásticos produjeron de 5 a 7 veces más frutos de calidad de exportación que las del testigo. El volumen de producción de fruta para el mercado nacional fue superior con plásticos de pardo, negro y blanco con respecto al plás-

Cuadro 2. Número de frutos de melón cv. Durango por hectárea, utilizando coberturas plásticas de cuatro colores. Colima, México.

Tratamiento	Número de frutos/ha		Total
	Exportación	Nacional	
Transparente	15 266 a	13 434 c	28 700 b
Blanco	18 930 a	19 846 ab	38 776 a
Pardo	12 518 a	23 917 a	36 435 a
Negro	14 961 a	20 660 ab	35 621 ab
Testigo	2 646 b	15 977 bc	18 625 c

Separación de medias según la prueba de Tukey (P = 0,05).

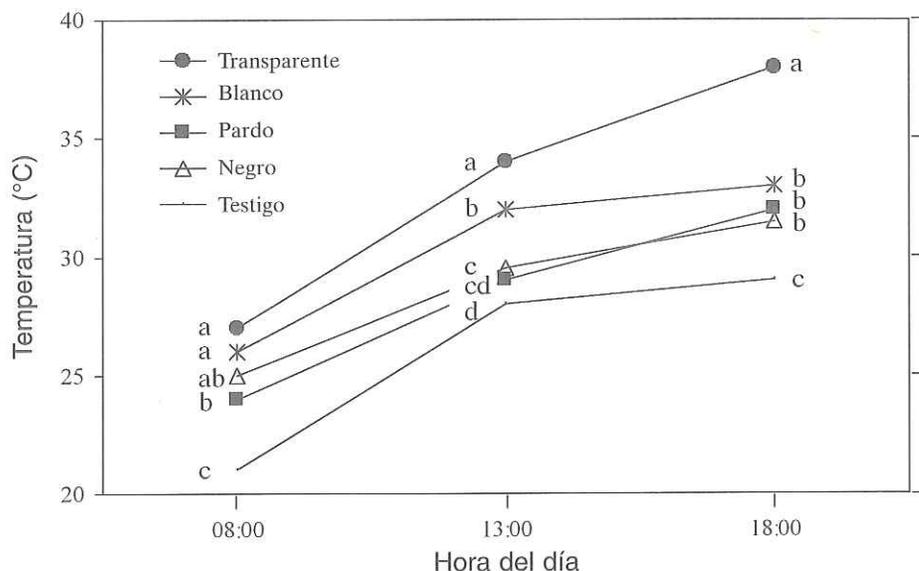


Figura 4. Temperatura del suelo bajo coberturas plásticas de cuatro colores a diferentes horas del día. Colima, México.

tico transparente. Las plantas de los tratamientos con plástico blanco, pardo y negro fueron las que presentaron el mayor número de frutos comerciales, seguidas por las del transparente; mientras que la menor producción se registró en las crecidas en el testigo.

Rendimiento

Las parcelas cubiertas con plásticos blanco, negro y transparente, produjeron el mayor número de cajas de melón para el mercado de exportación, seguido por las parcelas con plásticos pardo y el menor valor fue obtenido por el testigo (Cuadro 3). Por otra parte, las plantas de los tratamientos con plástico pardo produjeron el mayor número de cajas para el mercado nacional, mientras que las restantes mostraron rendimientos similares al testigo.

Cuadro 3. Rendimiento (cajas/ha)* de melón cv. Durango, con coberturas de plásticos de cuatro colores. Colima, México.

Tratamiento	Número de cajas/ha		Total
	Exportación	Nacional	
Transparente	782 ab	623 b	1405 b
Blanco	993 a	900 ab	1893 a
Pardo	684 b	1172 a	1856 a
Negro	810 ab	923 ab	1733 ab
Testigo	126 c	708 b	834 c

Separación de medias según la prueba de Tukey (P = 0,05)

*Cajas de 18,2 kg.

El número de frutos de exportación producidos en las parcelas con diferentes colores de plástico fue similar entre ellos. Sin embargo, en frutos de calidad nacional se obtuvo mayor cantidad con los plásticos pardo, negro y blanco. Al clasificar los frutos por tamaño, se observó un marcado efecto de los plásticos sobre el tamaño del fruto, de tal manera que las parcelas con plástico blanco produjeron el mayor número de cajas de exportación, seguido por negro y transparente. Contrariamente, el color pardo registró el mayor número de cajas para el mercado nacional. El efecto de las coberturas plásticas sobre el tamaño de los frutos ha sido documentado en diversos cultivos como melón (Al-Assir *et al.* 1992), en pepino (Farias-Larios *et al.* 1994b) y tomate (Wien *et al.* 1993).

En las parcelas con plástico blanco, pardo y negro, el rendimiento total se duplicó (32,2 a 35,0 t/ha) en comparación con el testigo (15,4 t). Las parcelas con plástico transparente obtuvieron 26% menos de rendimiento comercial que las parcelas con plástico blanco y 68% más que el testigo (Cuadro 4). Estos resulta-

dos coinciden con lo informado en otros estudios, en los cuales se señala que el uso de plásticos incrementa la producción de los cultivos hortícolas como tomate (Abdul-Baki *et al.* 1992, Rubeiz *et al.* 1991, Tindall *et al.* 1991, Wien *et al.* 1993).

Los resultados de este estudio muestran que los mejores rendimientos de fruta de melón para el mercado de exportación se lograron en las parcelas con plástico blanco, negro y transparente. Sin embargo, el rendimiento total comercial (incluye fruta para exportación y consumo nacional) fue superior en los tratamientos con plástico blanco y pardo, en comparación con el plástico transparente.

Cuadro 4. Rendimiento comercial de melón Cv. Durango (ton/ha) producido con coberturas de plástico de cuatro colores. Colima, México.

Tratamiento	Rendimiento comercial (t/ha)
Transparente	25,98 b
Blanco	35,02 a
Pardo	34,34 a
Negro	32,23 ab
Testigo	15,44 c

Separación de medias según la prueba de Tukey (P = 0,05).

Todos los plásticos evaluados incrementaron el rendimiento total de melón con relación al testigo, bajo condiciones del occidente de México, en una fecha de siembra tardía, obteniéndose los incrementos más altos con los plásticos blanco y pardo. El efecto benéfico de los colores de plástico sobre la producción de melón en diferentes fechas de siembra puede variar debido a los cambios ambientales, principalmente la intensidad de radiación solar en el ciclo otoño-invierno. Esto hace necesario, que en estudios futuros se hagan evaluaciones de coberturas plásticas de diferentes colores en distintas fechas de siembra, y en diferentes zonas de producción, con la finalidad de determinar el plástico más adecuado a cada fecha de siembra y condiciones ambientales.

Conclusiones

El uso de coberturas plásticas redujo la incidencia de pulgones, y de poblaciones de ninfas y adultos de *B. tabaci* en plantas de melón. En las parcelas con plásticos, la incidencia de virosis se retrasó hasta 45 días. El plástico transparente favoreció el incremento de la temperatura del suelo en todas las horas evaluadas. El uso de plásticos también incrementó el número de frutos para exportación y el rendimiento comercial de melón.

Agradecimientos

A la Fundación Produce Colima, A.C. por el financiamiento otorgado para la realización de este proyecto. Convenio FUNCOL99.01.

Literatura citada

- Adlerz WC. 1987. Cucurbit potyvirus transmission by alate aphids (Homoptera: Aphididae) trapped alive. *Journal of Economic Entomology* 80:87-90.
- Abdul-Baki, A; Spence, A; Moover, R. 1992. Black polyethylene mulch doubled yield of fresh-market field tomatoes. *HortScience* 27(7):787-789.
- Al-Assir, IA; Rubeiz, IG; Khoury, RY. 1992. Yield response of greenhouse cantaloup to clear and black plastic mulches. *Biological Agriculture and Horticulture* 8:205-209.
- Albregts, EE; Chandler, CK. 1993. Effect of polyethylene mulch color on the fruiting response of strawberry. *Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings* 52:40-43.
- Bellows, TS Jr; Perring, TM; Gill, RJ; Headrick, DH. 1994. Description of a species of *Bemisia* (Homoptera: Aleyrodidae). *Ann. Entomol. Soc. America*. 87:195-206.
- Blackman, RL; Eastop, VF. 1984. *Aphids on the world's crops: An identification and information Guide*. Chichester, England, John Wiley & Sons. 466 p.
- Blancard, D; Lecoq, H; Pitrat, M. 1996. *Enfermedades de las cucurbitáceas*. Ediciones. Madrid, España, Mundi-Prensa. 301 p.
- Boiteau, G. 1990. Effect of trap color and size on relative efficiency of water-pan traps for sampling alate aphids (Homoptera: Aphididae) on potato. *Journal of Economic Entomology* 83:937-942.
- Brown, JE; Dangler, JM; Woods, FM; Tilt, KM; Henshaw, MD; Griffey, WA; West, MS. 1995. Delay and mosaic virus onset and aphid vector reduction in summer squash grown on reflective mulches. *HortScience* 28(9):895-896.
- Butler, GR; Henneberry, TJ. 1991. Effect of oil sprays on sweetpotato whitefly and phytotoxicity on watermelon, squash and cucumber. *Southwestern Entomologist* 16:63-72.
- Csizinszky, AA; Schuster, DJ; Kring, JB. 1997. Evaluation of color mulches and oil sprays for yield and for the control of silver leaf whitefly, *Bemisia argentifolii* (Bellows and Perring) on tomatoes. *Crop Protection* 16(5):475-481.
- Decoteau, DR; Kasperbauer, MJ; Hunt, PG. 1989. Mulch surface affects yield of fresh market tomatoes. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 114:216-219.
- Farias-Larios, J; Orozco, SM; Guzmán, S; Aguilar, S. 1994a. Soil temperature and moisture under different plastic mulches and their relation to growth and cucumber yield in a tropical region. *Gartenbauwissenschaft* 59(6):249-252.
- Farias-Larios, J; Guzmán, S; Michel, AC. 1994b. Effect of plastic mulches on the growth and yield of cucumber in a tropical region. *Biological Agriculture and Horticulture* 10(4):303-306.
- Greenough, DR; Black, LL; Bond, WP. 1990. Aluminum-surfaced mulch: An approach to the control of tomato spotted wilt virus in solanaceous crops. *Plant Disease* 74:805-808.
- Grubinger, VP; Minotti, PL; Wien, HC; Turner, AD. 1993. Tomato response to starter fertilizer, polyethylene mulch, and level of soil phosphorus. *Journal of American Society for Horticultural Science* 118(2):212-216.
- Ham, MJ; Kluitenberg, GJ; Lamont, WJ. 1993. Optical properties of plastics mulches affect the field temperature regime. *Journal of American Society for Horticultural Science* 118(2):188-193.
- Jones, RAC. 1991. Reflective mulch decreases the spread of two non-persistently aphid transmitted viruses to narrow lupin (*Lupinus angustifolius*). *Annals of Applied Biology* 118:79-85.
- Kelly, JW; Adler, HP; Decoteau, DR; Lawrence, S. 1989. Colored reflective mulches surfaces to control whitefly on poinsettia. *HortScience* 24:1045.
- Kring, JB; Schuster, DJ. 1992. Management of insects on pepper and tomato with UV-reflective mulches. *Florida Entomologist* 75:119-129.
- Manrique, LA. 1995. Mulching in potato systems in the tropics. *Journal of Plant Nutrition* 18(4):593-616.
- Moericke, V. 1953. Wie Finden geflügelte blattläuse ihre wirtspflanze? *Mitt. Biol. Zentralanst. Land-Forstwirtschaft. Berlin* 75:90-97.
- Monks, CD; Monks, DW; Basden, T; Selders, A; Poland, S; Rayburn, E. 1997. Soil temperature, soil moisture, weed control, and tomato (*Lycopersicon esculentum*) response to mulching. *Weed Technology* 11:561-566.
- Nameth ST; Dodds, JA; Paulus, AO; Laemmlen, FF. 1986. Cucurbit viruses of California: An ever-changing problem. *Plant Disease* 70: 8-12.
- Rubeiz, IG; Naja, ZU; Nimah, MN. 1991. Enhancing late and early yield of greenhouse cucumber with plastic mulches. *Biological Agriculture and Horticulture*. 8:67-70.
- Salas, J; Mendoza, O. 1995. Biology of the sweetpotato whitefly (Homoptera:Aleyrodidae) on tomato. *Florida Entomologist*. 78 (1): 154-160.
- Seco, V; Hullé, M; Nieto, NJM. 1990. Numbers, richness and diversity of aphids trapped in Moericke and suction traps in León, Spain. *Acta Phytopathologica and Entomologica, Hungarica* 25:159-165.
- SPP. 1985. *Síntesis geográfica de Colima*. México. p. 13-14.
- Tindall, JA; Beverly, RB; Radcliffe, DE. 1991. Mulch effect on soil properties and tomato growth using micro-irrigation. *Agronomy Journal* 83:1028-1034.
- Wien, HC; Minotti, PL; Grubinger, VP. 1993. Polyethylene mulch stimulates early root growth and nutrient uptake of transplanted tomatoes. *Journal of American Society for Horticultural Science* 118(2):207-211.
- Zitter, TA; Hopkins, DL; Thomas, CE. Eds. 1996. *Compendium of cucurbit diseases*. APS Press. St. Paul, Minnesota, USA. 87 p.

Controle do *Brevipalpus phoenicis* em cafeeiro com produtos seletivos a ácaros predadores

Paulo Rebelles Reis¹
Júlio César de Souza¹
Elber Oliveira Sousa²
Adenir Vieira Teodoro²

RESUMEN. Control de *Brevipalpus phoenicis* en café mediante productos selectivos para ácaros depredadores.

El ácaro plano, *B. phoenicis* (Tenuipalpidae) ha sido reportado en cafetales de Brasil desde 1951. No obstante, a partir de 1990 es que se ha informado de ataques del ácaro y la presencia del virus de la mancha-anular, transmitida por éste, principalmente en Minas Gerais. Se evaluó el control de *B. phoenicis* con algunos acaricidas de acción selectiva comprobada, contra dos de sus enemigos naturales, los ácaros depredadores *Iphiseiodes zuluagai* y *Euseius alatus* (Phytoseiidae). El experimento se realizó en una plantación de café 'Catuaí' de 20 años, ubicada en el municipio de Ijací, región Sur de Minas Gerais, Brasil, plantado a 4 x 1 m, y altamente infestado por este ácaro. El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar, con cuatro repeticiones. Cada parcela constó de nueve plantas, con las cinco centrales como parcela útil; entre cada bloque fue dejada una línea de borde. Los tratamientos y dosis para 100 L de agua fueron: óxido de fenbutatin 500 SC (80 ml), hexitiazox 500 PM (3 g), clofentizina 500 SC (40 ml), abamectina 18 CE (30 ml), tetradifon 80 CE (300 ml) y azufre 800 PM (500 g). Se realizó solo una aplicación de estos productos, con bombas, usando 1000 L de solución/ha. Se determinó el número de ácaros en 25 hojas y 5 ramas del tercio inferior de las plantas, en cada parcela. A los 21 días después de la aplicación, los productos más eficaces fueron: azufre (88%), óxido de fenbutatin (86%), abamectina (70%) y tetradifon (64%). El hexitiazox y clofentizina no lograron el control del ácaro en el campo. El efecto ovicida de los productos fue evaluado en el laboratorio, utilizando un pulverizador de torre de Potter ($2,12 \pm 0,09 \text{ mg/cm}^2$) y solo el hexitiazox tuvo 100% de efecto sobre los huevos, seguido del óxido de fenbutatin con 43%. Con respecto a la persistencia sobre las hojas y la mortalidad de los ácaros, en condiciones de semicampo el, azufre, óxido de fenbutatin y el abamectina, presentaron acción acaricida aún después de 30 días de la aplicación (persistentes), hexitiazox y tetradifon, sólo, hasta los 15 días (levemente persistentes) y clofentizina menos de 5 días (de baja persistencia).

Palabras clave: Acaros, *Brevipalpus phoenicis*, Rhabdovirus, Acaricidas selectivos, *Coffea arabica*, Tenuipalpidae, Phytoseiidae.

ABSTRACT. Control of *Brevipalpus phoenicis* on coffee, with products selective for predaceous mites. The flat-mite, *B. phoenicis* (Tenuipalpidae) has been reported in coffee plantations in Brazil since 1951. However from 1990, there have been reports of infestations of the mite and the occurrence of ringspot virus transmitted by it, mainly in Minas Gerais. Control of *B. phoenicis* with some selective acaricides, tested against two of its natural enemies, the predatory mites *Iphiseiodes zuluagai* and *Euseius alatus* (Phytoseiidae), was evaluated. The experiment was performed in a 20-year-old 'Catuaí' coffee plantation, planted 4 x 1 m and highly infested by the mite, located in the county of Ijací, in the Southern Minas Gerais region, Brazil. The experimental design utilized was randomized blocks, with four repetitions. Each plot consisted of nine plants, with the five in the center as usable plot; a borderline was left between each block. The treatments and rates for 100 L of water were: fenbutatin oxide 500 SC (80 ml), hexythiazox 500 PM (3 g), chlofentazine 500 SC (40 ml), abamectin 18 CE (30 ml), tetradifon 80 CE (300 ml) and sulfur 800 PM (500 g). Only one application of these products was performed, with knapsack sprayers, using 1000 L of solution/ha. The number of mites on 25 leaves and 5 branches on the lower third of the plants, in each plot, was determined. Twenty one days after the application, the most effective products were: sulfur (88%), fenbutatin oxide (86%), abamectin (70%) and tetradifon (64%). The hexythiazox and chlofentazine did not achieve control of the mite in the field. The ovicidal effect of

¹ EPAMIG-CTSM/EcoCentro, Caixa Postal 176, 37200-000, Lavras, MG, Brasil. rebelles@ufla.br

² UFLA, Caixa Postal 37, 37200-000, Lavras, MG, Brasil.

the products was evaluated in the laboratory, using a Potter spray tower (2.12 ± 0.09 mg/cm²) and only hexythiazox showed 100% effect on eggs, followed by fenbutatin oxide with 43%. In relation to persistence on the leaves and the mortality of mites, in semi-field conditions, the sulfur, fenbutatin oxide and abamectin showed acaricidal action even 30 days after application (persistent), hexythiazox and tetradifon only up to 15 days (slightly persistent) and chlofentezine less than 5 days (low persistence).

Key words. Mites, *Brevipalpus phoenicis*, Rhabdovirus, Selective acaricides, *Coffea arabica*, Tenuipalpidae, Phytosciidae.

Introdução

Pelo menos desde 1951 o ácaro *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes 1939) (Acari: Tenuipalpidae) tem sido relatado vivendo em cafeeiros no Brasil, (A infestação... 1951) e posteriormente foi correlacionado com a mancha-anular (Chagas 1973) causada por vírus do grupo dos Rhabdovirus (Chagas 1988).

Até 1988 a doença, mancha-anular do cafeeiro, não tinha ainda representado problema econômico, embora em 1986 tenha sido associada a uma intensa desfolha devido a um inverno com baixa precipitação pluvial, condição muito favorável ao ácaro (Chagas 1988). A partir de 1990, com destaque para 1995, a infestação de *B. phoenicis* e da mancha-anular, este mesmo sintoma têm sendo relatado nos cafeeiros de Minas Gerais, principalmente na região do Alto Paranaíba (Figueira *et al.* 1996), sendo também constatada a presença do ácaro nas demais regiões cafeeiras do Brasil, tanto em cafeeiro arábica, quanto em canéfora (Matiello 1987).

B. phoenicis, ácaro-plano ou da leprose, como é conhecido na citricultura, é uma séria praga da cultura dos citros (Chiavegato *et al.* 1982, Chiavegato 1991) atacando as folhas, ramos e principalmente os frutos, causando sérios prejuízos, por isso Seu monitoramento e controle é indispensável a cada ano.

Alguns produtos químicos, como cyhexatin, azocyclotin, bromopropilato, fenpyroximate e meothrin, têm mostrado eficiência no controle do *B. phoenicis* em cafeeiro (Papa 1997, Oliveira e Reiff 1998a), porém não são seletivos aos ácaros predadores (Reis *et al.* 1998, Reis *et al.* 1999).

Foi constatado que cerca de 25 % de 42 produtos testados sobre os ácaros predadores *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma, 1972 e *Euseius alatus* DeLeon, 1966 (Acari: Phytoseiidae) foram inócuos ou seletivos a esses ácaros predadores (Reis *et al.* 1998, Reis *et al.* 1999), os quais estão comumente associados ao ácaro da mancha-anular em cafeeiro (Pallini Filho *et al.* 1992) e possuem grande capacidade de predação

e consequentemente potencial como inimigos naturais de *B. phoenicis* (Reis *et al.* 2000b).

Considerando os fatos expostos, o objetivo deste trabalho foi testar por meio de ensaios de laboratório, semi-campo e campo, a eficiência de alguns produtos fitossanitários de comprovada seletividade a ácaros predadores, no controle do ácaro *B. phoenicis* vetor da mancha-anular em cafeeiro. E tem como finalidade disponibilizar ao cafeicultor opções de controle que pouco ou nada interfiram no equilíbrio biológico, possibilitando o manejo integrado do ácaro.

Material e métodos

Todos os bioensaios foram realizados no laboratório de acarologia do Centro de Pesquisa em Manejo Ecológico de Pragas e Doenças de Plantas - EcoCentro, da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG, no Campus da UFLA, a 25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de UR e 14 horas de fotofase.

Em laboratório, foi estudado o efeito ovicida de produtos fitossanitários seletivos; em semi-campo a persistência e, em campo, o efeito desses produtos no controle do ácaro vetor do vírus da mancha-anular do cafeeiro.

Laboratório (efeito ovicida). Os testes foram realizados em folhas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) coletadas em lavoura, onde os tratamentos fitossanitários foram mínimos. As folhas serviram de fonte de alimento aos ácaros e de arena, colocadas sobre uma esponja de 2 cm de espessura, constantemente umedecida em água destilada, numa placa de Petri de 15 cm de diâmetro por 2 cm de profundidade, sem tampa. Cada folha recebeu uma fina camada de algodão hidrófilo, de aproximadamente 2 cm de largura, recobrimdo todo o bordo e em contato com a espuma umedecida. Também foi dividida em três partes por duas tiras de algodão, limitando a área de ação do ácaro, devido ao seu tamanho em relação à folha, constituindo-se assim em três arenas. A água, além de manter a turgescência

da folha, serviu de barreira, mantendo os ácaros sobre as arenas (Reis *et al.* 1997). Os produtos seletivos estudados (Reis *et al.* 1998, 1999) e as dosagens para 100 L de água foram: abamectin (Vertimec 18 CE) 30 ml; fenbutatin-oxide (Torque 500 SC) 80 ml; hexythiazox (Savey 500 PM) 3 g; clofentezine (Acaristop 500 CE) 40 ml; tetradifon (Tedion 80) 300 ml e enxofre (Kumulus S) 500 g. Foi incluído um tratamento testemunha (sem aplicação de produtos fitossanitários), e todos os tratamentos tiveram seis repetições, duas folhas com três arenas por tratamento. A aplicação foi feita em torre de Potter a uma pressão de 15 lb/pol², com a mesa de pulverização a uma distância de 1,7 cm do tubo de pulverização. Cada folha recebeu um depósito de calda da ordem de $2,12 \pm 0,09$ mg/cm², em conformidade com o proposto pela IOBC/WPRS (Hassan *et al.* 1994), representando o que ocorre quando é feita uma aplicação nas condições de campo.

O efeito ovicida de cada produto foi avaliado em 20 ovos de *B. phoenicis* por arena. Fêmeas adultas do ácaro foram confinadas nas arenas durante um a dois dias para a postura de ovos, dos quais foram aproveitados 20 ovos, que foram pulverizados com os produtos e observados diariamente até a eclosão das larvas. Foram pulverizados ovos com um a dois dias e com cinco a seis dias de incubação, ou seja ovos no início e no final do período de incubação (Chiavegato 1986). Quando houve eclosão de larvas, foi avaliada a mortalidade das mesmas em contato com o resíduo do produto nas folhas (arenas).

Os ácaros para estudo foram obtidos em criação de manutenção, a partir de ovos colocados por fêmeas em folhas de café durante um dia, sendo portanto todos de idade uniforme.

Semi-campo. Nesta condição foi avaliada a persistência dos produtos no controle do ácaro da mancha-anular. Foram utilizadas sete mudas de café (*C. arabica*) de aproximadamente 50 cm de altura, com 15 a 20 folhas, plantadas em vasos plásticos de 5 L, nas quais as folhas foram previamente lavadas com água corrente para retirar outras pragas e impurezas, e depois, levadas para a casa de vegetação, sendo deixadas sobre uma bancada de 1,0 m de altura. Os tratamentos e dosagens foram os mesmos utilizados no bioensaio ovicida. Foi realizada uma única aplicação, até o ponto de escorrimento, utilizando-se um pulverizador de pressão constante com capacidade de 1 L. Após a aplicação de cada produto, o pulverizador era lavado com água corrente e depois

com álcool absoluto, a fim de evitar resíduos de produtos anteriormente utilizados.

Para verificar a persistência dos acaricidas os bioensaios foram feitos aos 0, 5, 15 e 30 dias após a aplicação (DAA) em folhas destacadas das plantas dos vasos, que permaneceram na casa de vegetação. No laboratório, as arenas foram confeccionadas com folhas de café que receberam os produtos, e montadas em uma placa de Petri contendo uma espuma embebida com água destilada, de maneira idêntica ao bioensaio ovicida. Para cada tratamento foram utilizadas duas folhas, totalizando assim seis repetições. Em cada arena foram colocados, 10 ácaros em experimentos separados, para cada fase avaliada (larva, ninfa e adulta) oriundos da criação de manutenção. Diariamente, durante oito dias, foi contado o número de ácaros vivos.

A criação de manutenção do *B. phoenicis* foi feita em folhas de café, à semelhança das arenas utilizadas nos bioensaios, ou em laranjas parafinadas, conforme metodologia descrita por Chiavegato (1986).

Após os testes, os produtos foram classificados em quatro classes, sendo classe 1= baixa persistência, para produtos que não alcançaram controle até 5 dias após a aplicação; classe 2= levemente persistente, de 6 até 15 dias; classe 3= moderadamente persistente, de 16 até 30 dias; e classe 4= persistentes, para produtos que alcançaram um eficiente controle dos ácaros após 30 dias da aplicação, conforme Hassan *et al.* (1994).

Campo. O conhecimento do efeito dos produtos fitossanitários seletivos aos ácaros predadores sobre o *B. phoenicis*, foi obtido em experimento instalado no cafezal 'Catuaí' com 20 anos de idade, espaçamento de 4x1m, localizado no município de Ijací, região Sul de Minas Gerais, Brasil, altamente infestado pelo ácaro. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, sendo que, entre um bloco e outro, foi deixada uma linha de cafés como bordadura. Cada parcela constou de nove plantas, sendo as cinco centrais úteis. Os tratamentos e dosagens foram os mesmos dos ensaios de laboratório e semi-campo, porém com quatro repetições.

Foi realizada uma só aplicação dos produtos, no final do período seco do ano (outubro), com atomizador costal motorizado, e gasto de 1000 L de calda por hectare, pois é necessário alto volume de calda acaricida para melhor eficiência no controle do ácaro (Oliveira e Reiff 1998b, Oliveira *et al.* 1998). O efeito dos produtos foi avaliado aos 5 e 21 dias após a aplicação (DAA), através da contagem, sob

microscópio estereoscópico, de ácaros e ovos em 25 folhas, 5 ramos e 50 frutos por parcela, coletados no terço inferior das plantas (Reis *et al.* 2000a). Para efeito de análise estatística os dados das contagem foram transformados em $\sqrt{x + 0,5}$ e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). A porcentagem de eficiência foi calculada conforme Abbott (1925).

Resultados e discussão

Laboratório (efeito ovicida). Para ovos com até dois dias de incubação, o hexythiazox apresentou 100% de eficiência, não ocorrendo eclosão de larvas de *B. phoenicis*, mostrando portanto, o efeito ovicida. Em quanto fenbutatin-oxide apresentou cerca de 43% de eficiência. Hexythiazox foi o único produto testado que apresentou 100% de efeito ovicida, para ovos com até dois dias de incubação (Tabela 1), e também foi relatado por Chiavegato (1993).

Exceto para o hexythiazox, foi avaliada a mortalidade das larvas eclodidas de ovos tratados com até dois dias de incubação, em contato com o resíduo do produto nas folhas e constatou-se que o enxofre, fenbutatin-oxide e abamectin foram altamente eficientes, com 100, 100 e 96,65% de eficiência, respectivamente. Clofentezine e tetradifon causaram baixa mortalidade de larvas do ácaro, sendo os resultados semelhantes à testemunha (Tabela 1).

Para ovos tratados após cinco ou seis dias de incubação, portanto próximo de haver eclosão de larvas (Chiavegato 1986), o hexythiazox apresentou cerca de 57% de eficiência como ovicida, sendo menos eficiente do que para ovos ainda no início do período de incubação. Os demais produtos testados apresentaram muito baixa atividade ovicida quando aplicados sobre ovos em estado avançado de incubação, não diferindo da testemunha (Tabela 2).

Os resultados obtidos para enxofre, fenbutatin-

oxide e abamectin com larvas eclodidas de ovos tratados após cinco ou seis dias de incubação, foram semelhantes ao de larvas eclodidas de ovos tratados até dois dias de incubação, ou seja, os produtos citados foram altamente eficientes. Como o hexythiazox não inviabilizou totalmente os ovos de *B. phoenicis* com cinco ou seis dias de incubação, houve eclosão de larvas, as quais não morreram ao contato com o resíduo do produto na folha, sendo igual à testemunha e ao clofentezine, que também não apresentaram mortalidade de larvas. O tetradifon apresentou cerca de 40% de mortalidade de larvas, um pouco maior que a mortalidade para larvas eclodidas de ovos com até dois dias de incubação (Tabela 2). Os resultados obtidos com hexythiazox não confirmam aqueles obtidos por Chiavegato *et al.* (1994) em citros, onde os autores relatam efeito do produto sobre larvas. A explicação pode estar no fato de que as larvas permaneceram vivas até a fase de protocrisálida e não passaram à fase de ninfa por possível interferência do produto na ecdise do ácaro (Chiavegato 1993), o que não foi avaliado neste trabalho.

Semi-campo. No experimento realizado em semi-campo, as avaliações foram feitas aos 0, 5, 15, e 30 DAA e os resultados obtidos no estudo da persistência dos produtos sobre as folhas mostram que o clofentezine apresentou baixa persistência (classe 1), não apresentando mortalidade de larvas, ninfas e adultos do *B. phoenicis* após cinco dias da aplicação. O hexythiazox e o tetradifon foram levemente persistentes (classe 2), apresentando mortalidade do ácaro até 15 dias depois da aplicação e o fenbutatin-oxide, abamectin e enxofre apresentaram-se como persistentes (classe 4), matando larvas, ninfas e adultos além dos 30 dias da aplicação (Tabela 3).

Campo. No experimento realizado em condições de campo as avaliações foram feitas aos 5 e 21 DAA,

Tabela 1. Número médio de larvas (\pm EP) de *B. phoenicis* eclodidas de ovos com um a dois dias de incubação por ocasião do tratamento ($n = 20$ ovos) e porcentagem de larvas que permaneceram vivas após a eclosão, a $25 \pm 2^\circ$ C, $70 \pm 10\%$ UR e 14 horas de fotofase.

Tratamentos	Média de Larvas eclodidas	% E	Porcentagem de larvas vivas	% E
Testemunha	17,83 \pm 0,70 a ¹	-	86,97 \pm 4,47 a	-
Abamectin (Vertimec 18 CE)	17,50 \pm 0,22 a	1,85	2,94 \pm 1,32 b	96,65
Tetradifon (Tedion 80)	16,67 \pm 0,71 a	6,51	89,72 \pm 3,13 a	-
Enxofre (Kumulus S)	16,67 \pm 0,61 a	6,51	0,00 b	100,00
Clofentezine (Acaristop 500 SC)	14,17 \pm 2,34 ab	20,53	96,30 \pm 2,75 a	-
Fenbutatin-oxide (Torque 500 SC)	10,17 \pm 0,87 b	42,96	0,00 b	100,00
Hexythiazox (Savey PM)	0,00 c	100,00	Não houve eclosão	-
CV (%)	10,68	13,56		

¹Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância; % E = Porcentagem de eficiência dos tratamentos; EP = Erro padrão da média.

Tabela 2. Número médio de larvas (\pm EP) de *B. phoenicis* eclodidas de ovos com cinco a seis dias de incubação por ocasião do tratamento (n = 20 ovos) e porcentagem de larvas que permaneceram vivas após a eclosão, a $25\pm 2^\circ$ C, $70\pm 10\%$ UR e 14 horas de fotofase.

Tratamentos	Média de larvas eclodidas	% E	Porcentagem de larvas vivas	% E
Testemunha	19,33 \pm 0,49 a	-	98,04 \pm 1,96 a	-
Tetradifon (Tedion 80)	18,16 \pm 0,48 a	6,05	59,09 \pm 6,43 b	39,72
Clofentezine (Acaristop 500 SC)	17,50 \pm 0,50 a	9,47	100,00 \pm 0,00 a	-
Abamectin (Vertimec 18 CE)	17,50 \pm 0,56 a	9,47	5,04 \pm 4,08 c	94,86
Enxofre (Kumulus S)	17,17 \pm 0,31 a	11,17	0,00 c	100,00
Fenbutatin-oxide (Torque 500 SC)	16,00 \pm 1,77 a	17,23	0,00 c	100,00
Hexythiazox (Savey PM)	8,33 \pm 1,09 b	56,91	95,54 \pm 2,83 a	2,54
CV (%)	7,34		14,54	

¹Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância; % E = Porcentagem de eficiência dos tratamentos; EP = Erro padrão da média.

(dias após aplicação), e os resultados mostram que aos 5 DAA fenbutatin-oxide e enxofre mostraram-se muito eficientes no controle do ácaro *B. phoenicis*. Num segundo grupo, de mais baixa eficiência, ficaram abamectin, tetradifon e clofentezine (Tabela 4). Nos ramos, o controle aos 5 DAA não foi tão expressivo, mesmo para fenbutatin-oxide e enxofre, embora estes tenham sido os únicos produtos testados a mostrarem controle (Tabela 4). O motivo da diferença entre a eficiência dos produtos nas folhas e nos ramos deve ser pela maior facilidade com que os ácaros encontram abrigo nos ramos, como por exemplo em

pequenas fendas na casca.

Aos 21 DAA, nas folhas, fenbutatin-oxide e enxofre continuaram apresentando muito bom controle do ácaro, ficando num segundo grupo, com eficiência menor, abamectin e tetradifon. Clofentezine apresentou redução aos 5 DAA (Tabela 5). Nos ramos, o destaque foi também para o fenbutatin-oxide e enxofre, com maior eficiência do que aos 5 DAA e num segundo grupo ficaram abamectin e tetradifon (Tabela 5). A baixa eficiência do clofentezine no controle do *B. phoenicis* também foi relatada por Arashiro *et al.* (1988) em citros.

Tabela 3. Porcentagem de mortalidade de larvas (L), ninfas (N) e adultos (A) de *B. phoenicis* em função da persistência dos produtos nas folhas aos 0, 5, 15 e 30 DAA (dias após aplicação).

Productos	Porcentagem de mortalidade/fases do ácaro /dias após aplicação											
	0 DAA			5 DAA			15 DAA			30 DAA		
	L	N	A	L	N	A	L	N	A	L	N	A
Fenbutatin-oxide	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Enxofre	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Abamectin	100	100	100	100	100	100	100	82	83	100	68	63
Tetradifon	100	100	100	37	33	30	0	0	0	0	0	0
Hexythiazox	100	100	100	35	32	28	0	0	0	0	0	0
Clofentezine	33	23	23	32	35	30	0	0	0	0	0	0

Tabela 4. Número médio de ácaros *B. phoenicis* (larvas, ninfas e adultos) (\pm EP) em 25 folhas e 5 ramos de café por parcela aos 5 dias após a aplicação dos tratamentos. Ijací, MG, Brasil.

Tratamentos	Ácaros nas folhas	% E	Ácaros nos ramos	% E
Testemunha	56,75 \pm 12,64 a1	-	16,75 \pm 9,91 ab	-
Hexythiazox (Savey PM)	47,50 \pm 18,35 a	16,30	19,50 \pm 2,23 a	-
Clofentezine (Acaristop 500 SC)	28,25 \pm 10,72 ab	50,22	12,00 \pm 4,02 ab	28,36
Tetradifon (Tedion 80)	25,25 \pm 5,00 abc	55,51	15,25 \pm 4,61 ab	-
Abamectin (Vertimec 18 CE)	19,50 \pm 6,20 abc	65,64	10,25 \pm 3,33 ab	38,81
Enxofre (Kumulus S)	8,50 \pm 2,90 bc	85,02	6,25 \pm 1,80 ab	62,69
Fenbutatin-oxide (Torque 500 SC)	2,50 \pm 0,96 c	95,59	2,25 \pm 1,44 b	86,57
CV (%)	31,11		36,95	

¹Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância; % E = Porcentagem de eficiência dos tratamentos; EP = Erro padrão da média.

Tabela 5. Número médio de ácaros *B. phoenicis* (larvas, ninfas e adultos) (\pm EP) em 25 folhas e 5 ramos de cafeeiro por parcela aos 21 dias após a aplicação dos tratamentos. Ijací, MG, Brasil.

Tratamentos	Ácaros nas folhas	% E	Ácaros nos ramos	% E
Testemunha	23,75 \pm 4,84 a	-	12,25 \pm 2,60 a	-
Hexythiazox (Savey PM)	22,50 \pm 5,84 ab	5,26	14,50 \pm 4,33 a	-
Clofentezine (Acaristop 500 SC)	21,25 \pm 4,66 ab	10,53	17,25 \pm 7,40 a	-
Tetradifon (Tedion 80)	8,00 \pm 0,92 bc	66,32	7,25 \pm 2,02 ab	40,82
Abamectin (Vertimec 18 CE)	7,25 \pm 2,60 c	69,47	6,00 \pm 2,12 ab	51,02
Fenbutatin-oxide (Torque 500 SC)	3,25 \pm 1,11 c	86,32	1,25 \pm 0,63 b	89,80
Enxofre (Kumulus S)	2,75 \pm 0,86 c	88,42	1,25 \pm 0,95 b	89,80
CV (%)	24,32		30,97	

¹Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância; % E = Porcentagem de eficiência dos tratamentos; EP = Erro padrão da média.

Tabela 6. Número médio de ovos de *B. phoenicis* (\pm EP) em 25 folhas e 5 ramos de cafeeiro por parcela aos 5 dias após a aplicação dos tratamentos. Ijací, MG, Brasil.

Tratamentos	Ovos nas folhas	% E	Ovos nos ramos	% E
Testemunha	24,75 \pm 4,63 a	-	17,50 \pm 10,88 a	-
Hexythiazox (Savey PM)	25,50 \pm 11,72 a	-	29,00 \pm 9,29 a	-
Abamectin (Vertimec 18 CE)	14,25 \pm 6,32 a	42,42	7,25 \pm 2,66 a	58,57
Tetradifon (Tedion 80)	11,75 \pm 2,56 a	52,53	13,25 \pm 6,76 a	24,29
Clofentezine (Acaristop 500 SC)	13,75 \pm 6,94 a	44,44	18,00 \pm 9,83 a	-
Fenbutatin-oxide (Torque 500 SC)	9,00 \pm 3,88 a	63,64	3,75 \pm 3,75 a	78,57
Enxofre (Kumulus S)	6,75 \pm 2,18 a	72,73	12,50 \pm 4,03 a	28,57
CV (%)	43,19		53,80	

¹Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância; % E = Porcentagem de eficiência dos tratamentos; EP = Erro padrão da média.

Tabela 7. Número médio de ovos de *B. phoenicis* (\pm EP) em 25 folhas e 5 ramos de cafeeiro por parcela aos 21 dias após a aplicação dos tratamentos. Ijací, MG, Brasil.

Tratamentos	Ovos nas folhas	% E	Ovos nos ramos	% E
Clofentezine (Acaristop 500 SC)	12,25 \pm 3,09 a	-	27,50 \pm 9,21 a	-
Hexythiazox (Savey PM)	10,75 \pm 1,03 a	-	21,50 \pm 5,84 ab	-
Testemunha	9,75 \pm 0,75 a	-	17,25 \pm 3,35 abc	-
Tetradifon (Tedion 80)	4,75 \pm 1,44 ab	51,28	7,50 \pm 3,97 cde	56,52
Abamectin (Vertimec 18 CE)	2,75 \pm 1,25 b	71,79	10,00 \pm 3,24 bcd	42,03
Enxofre (Kumulus S)	1,25 \pm 0,95 b	87,18	0,50 \pm 0,50 e	97,10
Fenbutatin-oxide (Torque 500 SC)	0,75 \pm 0,48 b	92,31	2,25 \pm 1,03 de	86,96
CV (%)	26,37		26,38	

¹Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância; % E = Porcentagem de eficiência dos tratamentos; EP = Erro padrão da média.

Não foram observadas diferenças quanto ao número de ovos nas folhas e ramos aos 5 DAA, embora nas folhas o fenbutatin-oxide e enxofre, e nos ramos fenbutatin-oxide e abamectin, tenham apresentado menor número de ovos do que os demais tratamentos (Tabela 6).

Já aos 21 DAA, fenbutatin-oxide e enxofre apresentaram menor número de ovos, tanto nas folhas como nos ramos, e num segundo grupo abamectin e tetradifon (Tabela 7), o que deve ter sido devido à mortalidade de ácaros e conseqüentemente menor número de ovos foram colocados, já que nenhum deles apresentou 100% de efeito ovicida (Tabela 1)

não reduziu o número de ovos no campo, o que deve ter sido em função do mesmo não ter apresentado efeito sobre os ácaros (Tabelas 4 e 5), os quais continuaram a ovipositar (Tabela 7).

Os resultados com fenbutatin-oxide, abamectin e enxofre em cafeeiro neste trabalho são semelhantes aos obtidos em citros por Sato *et al.* (1991), Scarpellini *et al.* (1991) e Moraes *et al.* (1995) no controle de *B. phoenicis*. O ótimo efeito de hexythiazox no controle do ácaro em citros, relatado por Scarpellini *et al.* (1991), diferem daqueles obtidos neste trabalho em cafeeiro, e tal efeito pode ter sido em função do alto poder

ovicida do produto, como encontrado nesta pesquisa (Tabela 1), fato não relatado por aqueles autores.

Conclusões

Hexythiazox pode ser usado no controle de ovos do ácaro da mancha-anular do cafeeiro, *B. phoenicis* e, enxofre, fenbutatin-óxido e abamectin podem ser usados no controle de larvas, ninfas e adultos do ácaro, por serem eficientes no controle da praga e seletivos a ácaros predadores, seus inimigos naturais.

Literatura citada

- Abbott, WS. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18:265-267.
- A INFESTAÇÃO de ácaros nos cafezais. 1951. *O Biológico (Brasil)* 17(7):130.
- Arashiro, FY; Raizer, AJ; Sugahara, CA; Mota, R; Silv, JM; Mariconi, FAJ. 1988. Novo ensaio de combate químico ao "ácaro da leprose" dos citros *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) em laranjeiras. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (Brasil)* 45(1):67-78.
- Chagas, CM. 1973. Associação do ácaro *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) à mancha anular do cafeeiro. *O Biológico (Brasil)* 39(9):229-232.
- Chagas, CM. 1988. Víroses, ou doenças semelhantes transmitidas por ácaros tenuipalpídeos: mancha anular do cafeeiro e leprose dos citros. *Fitopatologia Brasileira (Brasil)* 13(2):92.
- Chiavegato, LG. 1991. Ácaros da cultura dos citros. In Rodriguez, O; Viégas, F. Ed. *Citricultura Brasileira*. 2.ed. Campinas, Fundação Cargill. v.2, p.601-641.
- Chiavegato, LG. 1986. Biologia do ácaro *Brevipalpus phoenicis* em citros. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 21(8):813-816.
- Chiavegato, LG. 1993. Efeito do flufenoxuron (Cascade) sobre larvas de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) em condições de laboratório. In Congresso Brasileiro de Entomologia (14, 1993, Piracicaba, Brasil). Resumos. Sociedade Entomológica do Brasil. p.716.
- Chiavegato, LG; Mischan, MM; Silva, MA. 1982. Prejuízos e transmissibilidade de sintomas de leprose pelo ácaro *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) Sayed, 1946 (Acari, Tenuipalpidae) em citros. *Científica (Brasil)* 10(2):265-271.
- Chiavegato, LG; Nogueira, CET; Afférrri, FS; Santo, JS; Lima, SL. 1994. Efeito da lavagem artificial na eficiência de acaricidas-ovicidas no controle de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) em citros. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 29(1):1-5.
- Figueira, AR; Reis, PR; Carvalho, VL; Pinto, CS. 1996. Coffee ringspot virus is becoming a real problem to brazilian coffee growers. In International Congress of Virology (10, 1996 Jerusalem, Israel). Abstracts. Jerusalem. p.203.
- Hassan, SA; Bigler, F; Bogenschütz, H; Boller, E; Brun, J; Calis, JNM; Coremans Pelseneer, J; Duso, C; Grove, A; Heimbach, U; Helyer, N; Hokkanen, H; Lewis, GB; Mansour, F; Moreth, L; Polgar, L; Samsøe Petersen, L; Sauphanor, B; Staubli, A; Sterk, G; Vainio, A; Veire M van de; Viggiani, G; Vogt, H; Van de Veire M; De Veire M van. 1994. Results of the sixth joint pesticide testing programme of the IOBC/WPRS - Working Group "Pesticides and Beneficial Organisms". *Entomophaga* 39(1):109-19.
- Matiello, J.B. 1987. Novas condições de ocorrência de mancha anular do cafeeiro. In Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras (14, 1987, Campinas, Brasil). Resumos. Rio de Janeiro, MIC/IBC. p.6.
- Moraes, LAH; Braun, J; Porto, OM; Braun, J; De Moraes, LAH; De Menezes Porto, OSO. 1995. Controle químico do "ácaro da leprose" *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari, Tenuipalpidae) em citros. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha (Brasil)* 1(1):7-11.
- Oliveira, CAL; Reiff, ET. 1998a. Eficiência de vários produtos químicos no controle do ácaro transmissor da mancha-anular, *Brevipalpus phoenicis*, na cultura do cafeeiro. In Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras (24, 1998, Poços de Caldas, Brasil). Trabalhos Apresentados. Rio de Janeiro: MAA/SDR/PROCAFÉ/PNFC. p.140.
- Oliveira, CAL; Reiff, ET. 1998b. Influência do volume de calda aplicada de acaricidas no controle do *Brevipalpus phoenicis*, transmissor da mancha anular do cafeeiro. In Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras (24, 1998, Poços de Caldas, Brasil). Trabalhos Apresentados. Rio de Janeiro: MAA/SDR/PROCAFÉ/PNFC. p.140.
- Oliveira, CAL; Campos Neto, RR; Fernandes, CB. 1998. Efeito de diferentes volumes de calda no controle do ácaro-da-leprose *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) em citros. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 27(1):117-124.
- Pallini Filho, A; Moraes, GJ; Bueno, VHP. 1992. Ácaros associados ao cafeeiro (*Coffea arabica* L.) no sul de Minas Gerais. *Ciência e Prática (Brasil)* 16(3):303-307.
- Papa, G. 1997. Ocorrência, sintomas e controle do ácaro-da-leprose, *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae), na cultura do café. In Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras (23, 1997, Manhuaçu, Brasil). Trabalhos. Apresentados. Rio de Janeiro: MAA/SDR/PROCAFÉ/PNFC. p.231-233.
- Reis, PR; Alves, EB; Sousa, EO. 1997. Biologia do ácaro-vermelho do cafeeiro *Oligonychus ilicis* (McGregor, 1917). *Ciência e Agrotecnologia (Brasil)* 21(3):260-266.
- Reis, PR; Chiavegato, LG; Moraes, G.J; Alves, EB; Sousa, EO. 1998. Seletividade de agroquímicos ao ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 27(2):265-274.
- Reis, PR; Sousa, EO; Alves, EB. 1999. Seletividade de produtos fitossanitários ao ácaro predador *Euseius alatus* DeLeon (Acari: Phytoseiidae). *Revista Brasileira de Fruticultura* 21(3):350-355.
- Reis, PR; Souza, JC; Sousa, EO; Teodoro, AV. 2000a. Distribuição espacial do ácaro *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) em cafeeiro (*Coffea arabica* L.). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 29(1):177-183.
- Reis, PR; Teodoro, AV; Pedro Neto, M. 2000b. Predatory activity of phytoseiid mites on the developmental stages of coffee ringspot mite (Acari: Phytoseiidae: Tenuipalpidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 29(3):547-553.
- Sato, ME; Ceravolo, LC; Rossi, AC; Raga, A; Scarpellini, JR; Potenza, MR. 1991. Controle químico do ácaro da leprose - *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) - em pomar cítrico de Presidente Prudente, Estado de São Paulo. *Arquivos do Instituto Biológico (Brasil)* 58(1/2):25-28.
- Scarpellini, JR; Sato, ME; Takematsu, AP; Raga, A. 1991. Efeito de acaricidas sobre o ácaro da leprose dos citros *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) no município de Bebedouro, S. Paulo. *Revista de Agricultura (Brasil)* 66(2):183-192.

Diagnóstico y distribución de *Mycosphaerella* spp. en musáceas de República Dominicana

Tania Polanco¹
Jean Carlier²
Marie F. Zapater²

RESUMEN. Las enfermedades de las manchas foliares causadas por *Mycosphaerella* spp. afectan los cultivos de musáceas, aumentando los costos de producción y disminuyendo la calidad de los frutos. El estudio consistió en determinar la distribución de las especies de este patógeno en República Dominicana y obtener cultivos monospóricos. Las muestras de hojas afectadas se recolectaron en las zonas productoras de plátano y banano. Estas se procesaron en el Laboratorio de Fitopatología del CIRAD-AMIS, Montpellier, Francia. Se encontró una amplia diseminación de sigatoka, inclusive a regiones que se encontraban libres de la enfermedad. En cuanto a los aislamientos monospóricos *Paracercospora fijiensis* fue más común (60%) seguida de *Pseudocercospora musae* (37%). Los aislamientos obtenidos facilitarían los estudios de la variabilidad de *Mycosphaerella fijiensis* en la región.

Palabras clave: Sigatoka, *Mycosphaerella* spp., Musáceas, República Dominicana.

ABSTRACT. Identification and distribution of *Mycosphaerella* spp. in Musacea of the Dominican Republic. The leaf spot diseases caused by *Mycosphaerella* spp. affect musacea crops, increasing the production costs and decreasing the fruit quality. The study consisted of determining the distribution of species of this pathogen in the Dominican Republic and obtaining monospore cultures. Samples of affected leaves were collected in the zones producing banana and plantain. These were processed in the Plant Protection Laboratory of CIRAD-AMIS, Montpellier, France. A wide dissemination of sigatoka was found, including in regions free of the disease. In respect to the monospore isolates, *Paracercospora fijiensis* was the most common (60%) followed by *Pseudocercospora musae* (37%). The isolates obtained will facilitate studies on the variability of *Mycosphaerella fijiensis* in the region.

Key words: Sigatoka, *Mycosphaerella* spp., Musacea, República Dominicana

Introducción

Las musáceas son cultivos de gran importancia en muchas partes del mundo. Son un alimento básico para millones de personas en los países tropicales en desarrollo y constituyen una fuente importante de ingresos por su comercialización en mercados locales e internacionales (Pérez 1996).

En República Dominicana, el plátano y el guineo son cultivados extensamente. Las unidades de producción varían en tamaño y nivel tecnológico. El área cultivada de plátano es de aproximadamente 39 000 ha; es la musácea de mayor consumo y representa el tercer producto en importancia en la alimentación de los do-

minicanos. El consumo per capita de plátano es de aproximadamente 40 kg por año, situando a este país entre los de mayor consumo en el mundo. La producción promedio de bananos es de 15 000 ha, la cual es dedicada a la exportación y al consumo interno, tanto como fruta madura como verde, en reemplazo del plátano. Además cerca del 90% de la producción de bananos es exportada, principalmente a los países europeos.

La producción de estos cultivos es amenazada por enfermedades, principalmente la sigatoka. La raya negra de la hoja o sigatoka negra es considerada la enfermedad más devastadora de las musáceas en el mundo. En República Dominicana, las variedades

¹ Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales . Santo Domingo, República Dominicana. tpolanco@idiaf.org.do

² UMR BGPI, CIRAD TA 40/02. Av. Agropolis. Montpellier Cedex 5, France

de plátanos y guineos cultivadas tanto para exportación como para consumo local son susceptibles a esta enfermedad.

Los agentes causales de la Sigatoka amarilla y la Sigatoka negra de las musáceas son *Mycosphaerella musicola* Leach (anamorfo *Pseudocercospora musae* Zimmerman) y *Mycosphaerella fijiensis* Morelet (anamorfo *Paracercospora fijiensis* Morelet-Deighton).

La Sigatoka negra, *M. fijiensis*, fue reconocida por primera vez en Fiji, en 1963. Posteriormente, se encontró en el Pacífico y ha sido registrada en Asia. En América Latina, la enfermedad fue identificada por primera vez en Honduras en 1972. Desde ahí se ha extendido a América Central, América del Sur y el Caribe (Mourichon *et al.* 1997). En República Dominicana fue detectada por primera vez en 1996, en la región noroeste del país (Fouré 1997).

Los síntomas de estas enfermedades consisten en manchas pardas al inicio, que se alargan hasta formar lesiones necróticas y halos amarillentos con el centro ligeramente gris. Los síntomas iniciales de la sigatoka negra son más visibles en el envés y en las hojas más jóvenes, produce un mayor daño al tejido fotosintético, por lo que es más destructiva que la sigatoka amarilla (Fig.1). Las lesiones coalescen y pueden destruir grandes áreas del tejido de la hoja, dando como resultado la reducción de la producción y la madurez prematura de la fruta (Fullerton y Olsen 1985).

El objetivo de este trabajo fue identificar y documentar la distribución geográfica de las especies de *Mycosphaerella* presentes en República Dominicana, así como obtener aislamientos de *M. fijiensis* y *M. musicola* para estudios futuros de diversidad genética.

Materiales y métodos

Se recolectaron muestras foliares de banano y plátano, procedentes de República Dominicana. Para facilitar el estudio de las poblaciones de *M. fijiensis* y *M. musicola* se consideraron las diferentes regiones del país, las cuales se agruparon según las condiciones climáticas, teniendo cuatro regiones (Cuadro 1). Las muestras se numeraron desde 1 hasta 43.

Identificación de *P. fijiensis* y *P. musae*

Para la identificación de *P. fijiensis* y *P. musae* se seleccionaron los síntomas típicos de los estados de evolución de ambas enfermedades. En el caso de la sigatoka negra se utilizaron estrías y manchas en estado 2 y 3. Para la Sigatoka amarilla se seleccionaron manchas viejas en estado 4. Los cortes de tejidos de lesiones ne-

crosados fueron sumergidos en una solución de decoloración que contenía ácido láctico (75 %) y glicerol (25 %). Se utilizaron 5 ml de la solución para 4 partes del tejido seleccionado. Luego se colocaron en un calentador a 65°C. Dos días después se hicieron las observaciones microscópicas.

La identificación de ambas especies se basó en el estado asexual. Este estado de *P. fijiensis* produce conidióforos simples con cicatriz, tanto en la base de las conidias como en los conidióforos (Fig. 3). Se consideró el envés de las hojas para hacer la identificación del patógeno. El estado asexual de *P. musae* forma esporodocios, tanto en el haz como en el envés, de las hojas, siendo más abundantes sobre el haz y las conidias no tienen cicatriz (Fig. 4). Por tanto, los dos patógenos pueden ser diferenciados microscópicamente por las características de las conidias y los conidióforos. Otra técnica usada fue el calentamiento de los tejidos necrosados y de las hojas viejas en ácido láctico puro, el tiempo dependió de la consistencia y de la edad de las hojas. Igualmente puede calentarse en la solución de la decoloración de los tejidos, con ácido láctico (75 %) más glicerol (25 %).

Los aislamientos se obtuvieron siguiendo el método desarrollado en el laboratorio de fitopatología CIRAD- AMIS. Los aislamientos de *M. fijiensis* se realizaron a partir de muestras foliares que presentaban síntomas en los estados 5 y 6, es decir áreas necrosadas, grisáceas y peritecio maduro. Las hojas fueron secadas completamente. Se seleccionaron tejidos con tamaño de 2 cm² y se colocaron en agua destilada durante 20 min. El fragmento de hoja fue colocado en cajas de Petri que contenían agar al 3% (30 g de agar/L agua). El material se dejó en incubación a 25 °C, durante 24 h, con 12 h de luz y 12 h de oscuridad. Las ascosporas fueron transferidas a un medio de esporulación V8 (100 ml de V8, 0,2 g de CaCo₃, 900 ml de agua, pH=8 y 20 g de agar; al medio se agregó 60 mg/L de penicilina ó 100 mg/L de estreptomina). Después se incubaron a 25°C durante 7 días con 12 h de luz y 12 de oscuridad. Posteriormente se colocaron a 20 °C durante 10 días con luz continua.

Los aislamientos monospóricos se obtuvieron siguiendo el proceso: Se preparó una suspensión conidial con 400 microlitros de agua. La suspensión fue colocada en agar al 3%. Se incubaron a 25°C durante 48 horas. Las conidias se depositaron en el medio de esporulación V8. Se colocaron a 25°C durante 7 días. La colonia fue colocada en condiciones de esporulación a 20°C, con luz continua, verificando la especie a los 10 días.

Cuadro 1. Regiones, localidades de República Dominicana, y clima imperante, donde se recolectaron muestras foliares de banano y plátano.

Región	Localidades	Clima
Noroeste	Mao, Guayubín y Dajabón	Seco
Norte y Norcentral	Bonao, Moca y La Vega	Semi húmedo
Este, Noreste y Central	Samaná, Hato Mayor, Sabana de la Mar, Monteplata, Cotuí y La Reforma	Húmedo
Sur y Suroeste	Azua, Bahoruco y Barahona	Seco

Los aislamientos monospóricos correspondientes a *P. fijiensis* y *P. musae* fueron conservados en microtubos a -80 °C, en una solución de glicerol al 15%, esterilizado.

Resultados y discusión

En las muestras foliares de musáceas de las cuatro regiones de República Dominicana se determinó que el 60% correspondió a *P. fijiensis*, el 37% a *P. musae* y 2% a ambos patógenos (Cuadro 2 y Fig. 2). Estos resultados demuestran la diseminación de la sigatoka negra a regiones del país que se encontraban libres de la enfermedad, como el Noreste y la Zona Central (Polanco 1998). Esta situación representa una amenaza para la región más productora de plátanos, donde la mayor parte de la producción está en manos de pequeños productores, y es destinada al consumo familiar o comercialización en mercados locales. También la región sur, productora de banano orgánico para la exportación y plátanos para consumo local, se encuentra libre de la enfermedad. Por tanto, los esfuerzos deben dirigirse a evitar la diseminación de la Sigatoka negra a las áreas libres y a la ejecución de programas de manejo para las zonas donde la enfermedad está presente.



Figura 1. Síntomas de Sigatoka negra en plátano, República Dominicana. (Foto: T. Polanco)



Figura 2. Distribución geográfica de *Mycosphaerella* spp. en República Dominicana. Regiones: 1) Noroeste; 2) Norte y Norcentral; 3) Este, Nordeste y Central y 4) Sur y Suroeste. (sin * = *M. fijiensis*; * = indica a *M. musicola*). 1999.

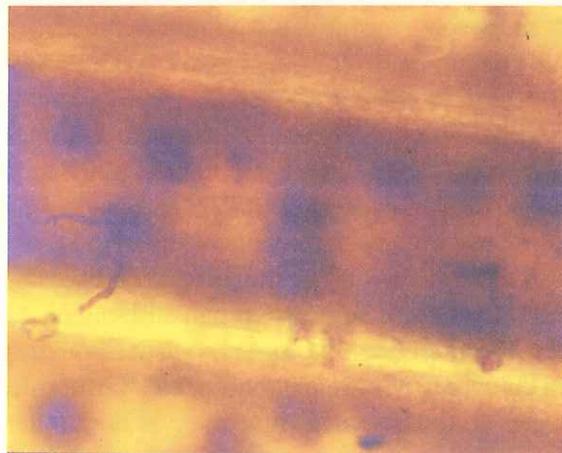


Figura 3. Conidióforos de *M. fijiensis* en plátano. (Foto: T. Polanco).

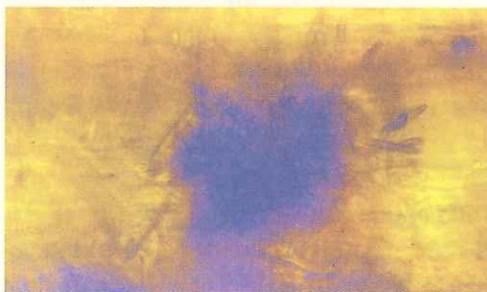


Figura 4. Conidióforo y conidias de *M. musicola* en plátano. (Foto: T. Polanco).

Fueron obtenidos 19 aislamientos, de los cuales 16 corresponden a *M. fijiensis* y tres a *M. musicola* (Cuadro 3). Los aislamientos fueron obtenidos de áreas con altas precipitaciones y temperaturas prome-

dio de 27°C. Estos aislamientos ayudarán para los estudios de la variabilidad de *M. fijiensis*, indispensables en el manejo de la resistencia en las enfermedades de la Sigatoka negra.

Cuadro 2. Muestras foliares de musáceas de República Dominicana evaluadas para el diagnóstico de *M. fijiensis* y *M. musicola*.

No.	Localidad	Región	Síntomas	Diagnóstico	Area (ha)	Cultivo predominante
1	Manuel Bueno, El Pino, Dajabón	1*	?	<i>P. fijiensis</i>	0,19	Plátano
2	Manuel Bueno, El Pino, Dajabón	1	N ?	<i>P. fijiensis</i>		Plátano
3	Manuel Bueno, El Pino, Dajabón	1	N ?	<i>P. fijiensis</i>	0,37	Plátano
4	Manuel Bueno, El Pino, Dajabón	1	N	<i>P. fijiensis</i>	0,19	Plátano
5	Manuel Bueno, El Pino, Dajabón	1	?	<i>P. fijiensis</i>		Plátano
6	Manuel Bueno, El Pino, Dajabón	1	N	<i>P. fijiensis</i>		Plátano
7	Manuel Bueno, El Pino, Dajabón	1	N	<i>P. fijiensis</i>		Plátano
8	Manuel Bueno, El Pino, Dajabón	1	N	<i>P. fijiensis</i>		Plátano
9	Manuel Bueno, El Pino, Dajabón	1	N	<i>P. fijiensis</i>	0,37	Plátano
10	Manuel Bueno, El Pino, Dajabón	1	N	<i>P. fijiensis</i>	0,19	Plátano
11	Guayubín,, Montecristi	1	N	<i>P. fijiensis</i>	0,5	Plátano
12	Guayubín, Montecristi	1	N	<i>P. fijiensis</i>	125	Banano biológico SN(1996)
13	Guayubín, Montecristi	1	?	<i>P. fijiensis</i>		Plátano
14	Mao	1	A	<i>P. musae</i>		Guineo
15	Guayubín, Montecristi	1	N	<i>P. fijiensis</i>	125	Banano biológico
16	Moca	2	A + N	<i>P. musae</i>		Plátano
17	Moca	2	A+ N	<i>P. musae</i>		Plátano
18	Moca	2	?	<i>P. musae</i>		Plátano
19	Samaná	3	N	<i>P. fijiensis</i>		Plátano, SN 1998-1999
20	Samaná	3	N	<i>P. fijiensis</i>		Plátano
21	Samaná	3	N	<i>P. fijiensis</i>		Plátano
22	Samaná	3	N	<i>P. fijiensis</i>		Plátano
23	La Vega	2	A	<i>P. musae</i>		Plátano
24	La Vega	2	A	<i>P. musae</i>		Plátano
25	La Vega	2	A	<i>P. musae</i>		Plátano
26	Juma, Bonao	2	A	<i>P. musae</i>		Plátano
27	Juma, Bonao	2	A	<i>P. musae</i>		Plátano
28	Río Chiquito, El Valle, Hato Mayor	3	N	<i>P. fijiensis</i>		Plátano
29	Río Chiquito, El Valle, Hato Mayor	3	N	<i>P. fijiensis</i>		Plátano
30	El Valle, Hato Mayor, Km 20	3	N	<i>P. fijiensis</i>		Plátano
31	Hato Mayor, Km 2	3	N	<i>P. fijiensis</i> + <i>P. musae</i>		Plátano
32	La Jaqueta, Sabana De La Mar	3	N	<i>P. fijiensis</i>		Plátano
33	La Jaqueta, Sabana De La Mar	3	N	<i>P. fijiensis</i>		Plátano
34	Azua	4	A	<i>P. musae</i>		Banano biológico
35	Tamayo, Bahoruco	4	A	<i>P. musae</i>		Plátano
36	Tamayo, Bahoruco	4	A	<i>P. musae</i>		Plátano
37	Vicente Noble, Barahona	4	N	<i>P. musae</i>		Plátano
38	La Hoya, Barahona	4	?	<i>P. musae</i>		Plátano
39	La Hoya, Barahona	4	N	<i>P. musae</i>		Plátano
40	La Reforma	3	N	<i>P. fijiensis</i>		Plátano
41	Hato Abajo	3	N	<i>P. fijiensis</i>		Plátano
42	Don Juan, Monte Plata	3	N	<i>P. fijiensis</i>		Plátano
43	Cevicos, Cotuí	3	?	<i>P. musae</i>		Plátano

A= Sigatoka amarilla; N= Sigatoka negra

* Región: 1= Noroeste; 2 =Norte y Norcentral; 3 =Este, Noreste y Central; 4 =Sur y Suroeste

Cuadro 3. Aislamientos monospóricos de *M. fijiensis* y *M. musae* procedentes de República Dominicana.

No.	Código de entrada	Procedencia	Código del laboratorio
<i>M. fijiensis</i>			
1	6F1	Dajabón	RD1
2	6F2	Dajabón	RD2
3	6F3	Dajabón	RD3
4	9A1	Dajabón	RD4
5	9A2	Dajabón	RD5
6	9A3	Dajabón	RD6
7	9A4	Dajabón	RD7
8	9A5	Dajabón	RD8
9	9D1	Dajabón	RD9
10	15A1	Dajabón	RD10
11	15A2	Dajabón	RD11
12	15A3	Dajabón	RD12
13	15E1	Dajabón	RD13
14	28	Hato Mayor	RD14
15	33	Sabana de la Mar	RD15
16	33	Sabana de la Mar	RD16
<i>M. musae</i>			
1	24	Moca	MRD1
2	25	La Vega	MRD2
3	3	Dajabón	MRD3

Agradecimientos

Al CIRAD-FLHOR, Proyecto INCO, Montpellier, Francia por el financiamiento del trabajo. Al Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, de República Dominicana (CEDAF) y a la Secretaría del Estado de Agricultura. (SEA).

Literatura citada

- Fouré, E. 1997. La Maladie des Raies Noires des Bananiers et Plantains en République Dominicaine. Distribution, Incidence et Méthodes de Contrôle. CIRAD-FLHOR. Rapport de mission en République Dominicaine du 28 août au 5 septembre 1997.
- Fullerton, R; Olsen, T. 1995. Pathogenic variability in *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, cause of Black Sigatoka in banana and plantain. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 23:39-48.
- Mourichon, X; Carlier, J; Fouré, E. 1997. Les Cercosporioses. Maladies des raies noires (*Cercosporiose noire*). Maladies de Sigatoka (*Cercosporiose jaune*). Musa : fiche technique No. 8. INIBAP.
- Pérez, L. 1996. Manual para el manejo integrado de Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) y Sigatoka Amarilla (*Mycosphaerella musicola* Leach ex Mulder) en banano y plátano. Proyecto FAO-CUBA. 48 p.
- Polanco, T. 1998. Situación de la sigatoka negra en la República Dominicana. Informe técnico. Departamento de Sanidad Vegetal. Secretaría de Estado de Agricultura.

Hoja TÉCNICA

No. 41

CATIE



Manejo integrado da cochonilha *Diaspis echinocacti* praga da palma forrageira em Brasil

Geraldo Pereira de Arruda Filho¹
Geraldo Pereira de Arruda²

Introdução

No Nordeste brasileiro grande área é cultivada com a cactácea conhecida como “palma forrageira” (Fig. 1) empregada na pecuária, principalmente durante os períodos de estiagem para alimentação dos rebanhos bovino e caprino (Farias *et al.* 1984).

As cactáceas empregadas como forrageiras no Nordeste, são conhecidas vulgarmente por “palma doce ou miúda” (*Nopalea cochenillifera* (L.)S.D.), “palma gigante ou graúda” (*Opuntia ficus-indica* Mill.) e a “palma redonda” que, segundo os especialistas em forragens é uma variação da graúda (Arruda 1983).

As “palmas miúda e graúda”, foram introduzidas no Brasil ainda na época do Império, para ser iniciado o cultivo da cochonilha que produz o corante carmim. Trazidas pelos portugueses, provavelmente das Ilhas Canárias, onde, sobre cactáceas se fazia criação da cochonilha (*Coccus cati*) para produção do corante carmim, que naquela época era de grande valor comercial. (Domingues 1963).

No Brasil, por determinação de D. João VI, houve tentativa de criação da cochonilha do carmim, no Rio de Janeiro, para produção do corante natural. Face ao insucesso, a cactácea importada passou a ter valor como planta ornamental, até que fosse descoberta sua grande utilização como forrageira (Domingues 1963).

Na atualidade a cultura da “palma forrageira” tem grande valor para a pecuária pela sua importância como planta forrageira que resiste aos períodos de estiagens, a área cultivada é estimada em 400 000 hectares, distribuída pelos diversos estados nordestinos (Pessoa 1967, Santos 1992).

As cactáceas forrageiras são espécies bem adaptadas as condições adversas do Semi-Árido, por conta de sua fisiologia caracterizada pelo processo fotossintético denominado metabolismo ácido das crassuláceas (CAM), estas plantas a noite abrem os estômatos que permitem a entrada do CO₂, que fica armazenado temporariamente em ácido málico, sendo consumido nas reações fotossintéticas do dia seguinte. A redução do CO₂ na fotossíntese ocorre sem a troca de gases com a atmosfera conseqüentemente, sem perda de água. Além desse comportamento fisiológico a palma apresenta raízes superficiais que penetram normalmente, até oitenta centímetros de profundidade no solo e atingem vários metros de extensão formando verdadeira rede capilar, com elevada capacidade de absorção da água do solo (Santos 1992).

Nos últimos anos, nas cactáceas forrageiras vem ocorrendo um inseto que, com pouco tempo de instalado na plantação, multiplica-se rapidamente, atingindo o nível de praga. O fato vem se repetindo sucessiva-

¹ Aluno de Pós-Graduação ESALQ./ Bolsista CNPq, Recife, Brasil

² Recife, Brasil, Universidad Federal Rural de Pernambuco, Recife, Brasil. arruda@ipa.br

mente, ano após ano, em quase todo Nordeste. A praga da "palma" é uma cochonilha de escama vulgarmente chamada de mofo ou piolho, que infesta a planta recobrando os artículos ou raquetes, com suas colônias, onde formas jovens e adultos ficam sugando, causando inicialmente clorose em seguida apodrecimento por conta da infestação dos micro-organismos patogênicos, provocando queda das raquetes até o completo estiolamento da touceira da cactácea. A palma infestada pela cochonilha é facilmente reconhecida pelo aspecto característico do aglomerado de escamas do inseto, com coloração marron claro acinzentado mascarando o verde típico da planta (Arruda 1983, Warrumbly *et al.* 1993).

A cochonilha da palma forrageira é um inseto cosmopolita que provavelmente chegou ao Brasil com as cactáceas trazidas pelos portugueses na época da colonização. Seu primeiro assinalamento foi no Rio de Janeiro em 1900 (Hempel 1900).

Classificação

Classe:	Insecta
Ordem:	Hemiptera
Subordem:	Sternorrhyncha
Superfamília:	Coccoidea
Família:	Diaspididae
Subfamília:	Diaspidinae
Tribo:	Diaspidini
Gênero:	<i>Diaspis</i>
Espécie:	<i>echinocacti</i>

Nome científico: *Diaspis echinocacti* (Bouché, 1833)

Sinonímia: *D. calyptroides*; *D. cacti*; *D. opuntia*; *Aspidiotus echinocacti*

Denominação vulgar: Cochonilha da palma, piolho da palma e mofo da palma.

(Ferris 1937, Silva 1968, Arruda 1983, Silva 1991).

Morfologia

As fêmeas adultas apresentam escudo ou escama de proteção circular, de coloração marron claro quase areia, com exúvia larval central ou subcentral marron escuro, medindo de 2,2 a 2,5 mm de diâmetro. Por baixo da escama fica o inseto com o corpo piriforme de coloração amarela, medindo 1,3 a 1,6 mm de comprimento por 1,0 a 1,2 mm na parte mais larga, com o prossoma subquadrangular e os lados ligeiramente arredondados, com tubérculo antenal provido de uma só cerda. Pigídio com os lóbulos L_1 , L_2 e L_3 bem desenvolvidos, sendo L_1 levemente saliente e

divergente, arredondados ligeiramente assimétricos e afastados um do outro por um espaço mediano. A abertura anal fica situada acima do meio do pigídio (Ferris 1954).

Como acontece com a maioria dos coccídeos, principalmente com a família Diaspididae, *D. echinocacti* apresenta acentuado dimorfismo sexual, sendo as fêmeas desenvolvidas totalmente desprovidas de apêndices locomotores, enquanto os machos na forma jovem as escamas são alongadas e adultos são de vida livre com forma característica dos insetos. Corpo dividido em cabeça, tórax e abdome, com um par de antenas na cabeça, três pares de pernas e um par de asas no tórax (Figs. 2, 3 e 4).

Dados biológicos

O ciclo de vida da cochonilha *D. echinocacti*, nas condições de laboratório em que foi estudada, apresentou uma duração média de 35 dias de ovo a adulto passando por três fases de ninfas. Os ovos depositados nas raquetes passam de dois a três dias para se dar o nascimento das ninfas de primeiro estágio, que passam de nove a dez dias para se transformar em ninfas de segundo estágio. As ninfas de segundo estágio passam de sete a oito dias para se transformar em ninfas de terceiro estágio. As ninfas de terceiro estágio passam de onze a doze dias para se transformar em inseto adulto. Três dias após a transformação do último período de forma jovem em adulto tem início a postura com duração de doze a quinze dias.

A reprodução ocorre por anfigonia ou por partenogênese telítica, que é a forma mais comum observa-

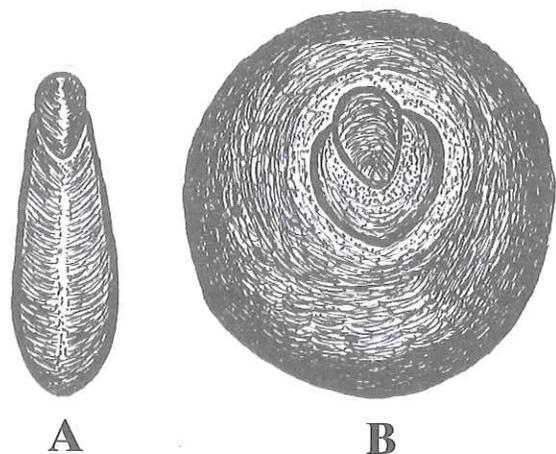


Figura 2. A) Escama do macho, B) escama da fêmea.



Figura 1. Plantação de palma no Sertão de Pernambuco.

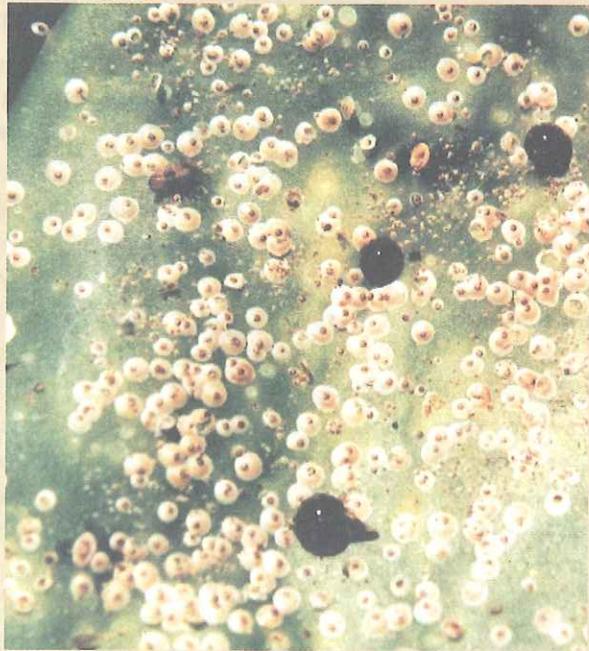


Figura 5. Raquete de palma com cochonilha e o predador *Zagreus bimaculosus* (Coleoptera, Coccinellidae).

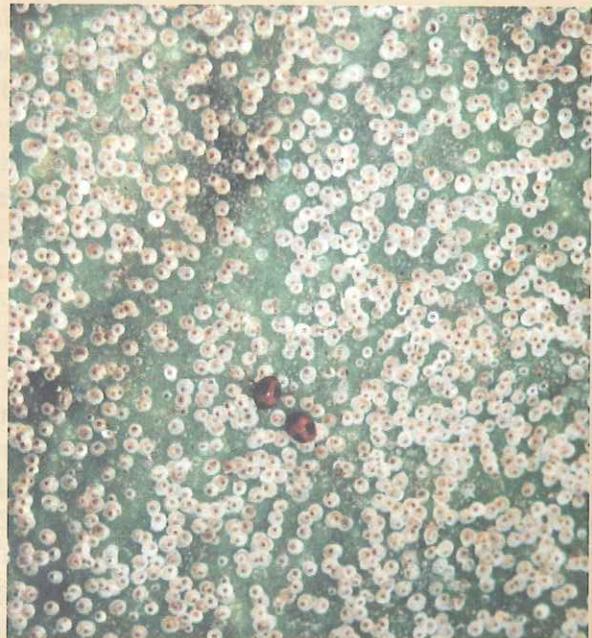


Figura 6. Raquete de palma com cochonilha e o predador *Chilocorus nigrita* (Coleoptera, Coccinellidae).

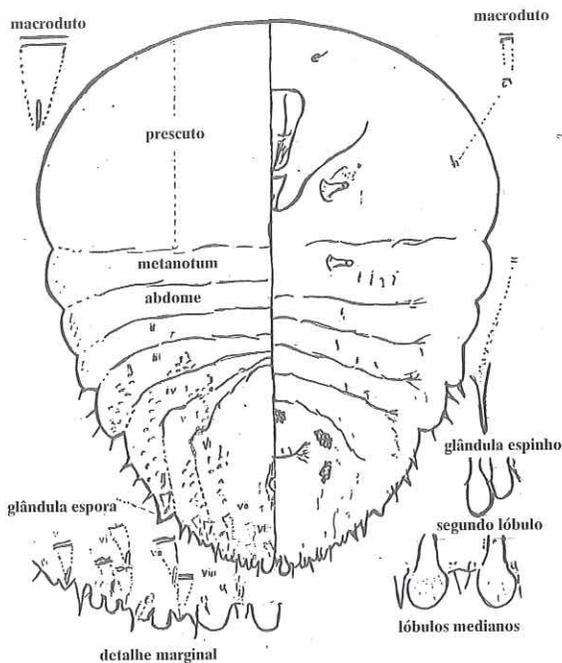


Figura 3. Morfologia da fêmea de *D. echinocacti*.

da no campo, onde fêmeas reproduzem somente fêmeas, o que contribui para o rápido crescimento das infestações sobre as plantações de palma. Na reprodução por anfignonia nascem machos e fêmeas. A escama ou escudo de cera nessa cochonilha tem forma redonda nas fêmeas e alongada nos machos. As fêmeas dessa cochonilha são formas estacionadas protegidas por uma escama de cera, vivem sobre a cactácea onde nascem até completar o ciclo de vida. Somente as ninfas de primeiro ínstar se locomovem, a partir do segundo ínstar já ficam paradas. A longevidade média de uma fêmea do nascimento até completar o ciclo tem uma duração média de quarenta e cinco dias.

Os machos desta espécie passam para a forma adulta após o terceiro ínstar, são formas aladas, com um par de asas membranosas, pequenos, semelhantes a mosquitos com uma duração de vida de dois a três dias, tempo suficiente para fecundar as fêmeas e não se alimentam (Fig. 4).

Na reprodução por partenogênese telitóca, a projeção com base nos estudos desenvolvidos é de que uma única fêmea no período de um ano pode deixar no ampo uma população estimada em : 64 421 888 653 de indivíduos sobre a palma (Arruda 1983).

As plantas hospedeiras de *D. echinocacti* são cactáceas, em todas as regiões onde foram encontradas, com preferência pelos gêneros *Opuntia* e *Nopalea*.

Inimigos naturais

Os inimigos naturais de *D. echinocacti*, encontrados em Pernambuco e Alagoas, onde a palma é cultivada são:

Parasitóides *Plagiomerus cyaneus* (Ashmead)
(Hymenoptera, Encyrtidae)

Prospaltella aurantii (Howard)
(Hymenoptera, Aphelinidae)

Predadores *Coccidophilus citricola* (Brèthes)
(Coleoptera, Coccinellidae)

Chilocorus nigrita (Fabricius)
(Coleoptera, Coccinellidae)

Pentilia egena Mulsant (Coleoptera,
Coccinellidae)

Zagreus bimaculosus
(Mulsant) (Coleoptera, Coccinellidae)

Calloeneis sp. (Coleoptera,
Coccinellidae)

Zagloba sp. (Coleoptera, Coccinellidae)
Salpingogaster conopida (Diptera,
Syrphidae)

Os predadores *C. citricola*, *C. nigrita* e *Z. bimaculosus*, ocorrem em Pernambuco e são fáceis de se criar em laboratório, enquanto que os outros são mais comuns no Estado de Alagoas (Carvalho *et al.* 1978, Arruda 1983).

As espécies de predadores que ocorrem em Pernambuco, todas apresentam bom potencial de controle da praga. O melhor resultado é obtido com a ação conjunta dos predadores associados aos parasitóides.

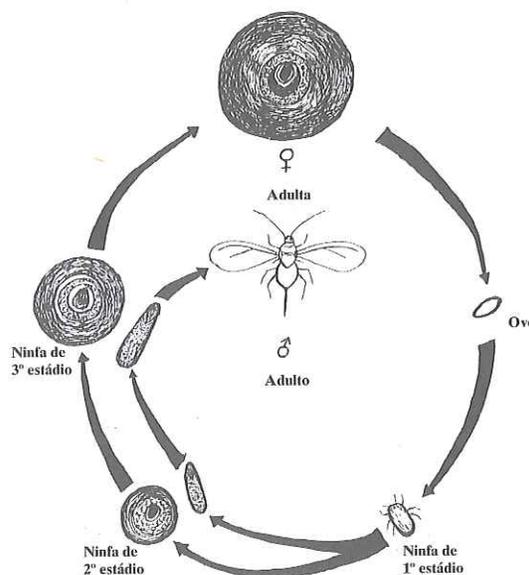


Figura 4. Ciclo biológico de *D. echinocacti*.

Os predadores e parasitóides apresentam ciclo biológico mais curto do que o ciclo da cochonilha.

Controle da praga

Para combater a praga da “palma” *D. echinocacti*, o indicado é o manejo integrado com ênfase ao biológico, uma vez que são conhecidos diversos inimigos naturais da cochonilha (Fig. 5 e 6), atuando principalmente nos Estados de Pernambuco e Alagoas (Carvalho *et al.* 1978, Silva 1990).

Manejo integrado de pragas (MIP), tem como principal objetivo manter a população de uma determinada praga abaixo do nível crítico de dano, as medidas de controle adotadas devem ser dirigidas para diminuição da densidade populacional do inseto para níveis de equilíbrio que não causem danos econômicos, e não para exterminar, isso pode acarretar perdas irrecuperáveis no equilíbrio do ecossistema. O manejo integrado da cochonilha da “palma” deve envolver além das medidas químicas e biológicas, as culturais, mecânicas e físicas para impedir o crescimento populacional do inseto (Bergamin Filho & Amorim 1999).

Síntese das recomendações de manejo da cochonilha da “palma” baseado em trabalhos desenvolvidos no Estado de Pernambuco.

1. Plantio deve ser feito corretamente na época indicada, antes do período das chuvas com raquetes sadias sem cochonilha, de procedência conhecida para evitar a presença da praga no início da plantação.
2. Eliminar das plantações as variedades de “palma” mais suscetíveis à cochonilha.
3. Proceder adubação orgânica na época do plantio com estrume bovino, caprino ou de aves na proporção de 10 a 20 toneladas por hectare e a cada dois anos no período próximo ao início da estação chuvosa. A adubação aumenta a produção e induz resistência da planta à praga.
4. Identificar a presença da cochonilha na área cultivada com palma logo no início facilita o controle procedendo a erradicação das plantas infestadas. A praga surge em plantas isoladas no meio da área cultivada.
5. Proceder tratamentos culturais, limpa para evitar concorrência de ervas daninhas com a cultura.
6. É importante o conhecimento de propriedades com “palmas” infestadas pela cochonilha para evitar que homens e animais passem destas áreas para plantação de palma sadia, esta é a principal forma de propagação da praga.
7. A eliminação dos focos de cochonilha na área cultivada é muito importante desde que as raquetes infestadas não apresentem inimigos naturais (parasitóides ou predadores). Esta eliminação consiste no corte da “palma” infestada pela praga para reduzir a população do inseto. As raquetes mesmo infestadas pela praga podem ser utilizadas na alimentação do gado.
8. Controle biológico consiste na utilização dos inimigos naturais da praga que são liberados no campo onde a cochonilha estiver ocorrendo para se processar o equilíbrio natural. O procedimento deve ser o seguinte uma vez confirmada a presença da praga livre da ação dos agentes controladores, eles devem ser adquiridos para liberação no local onde a cochonilha vem se desenvolvendo. Para tanto se faz necessário orientação na aplicação desta técnica de controle. Os parasitóides ou predadores podem ser adquiridos de criação em laboratório ou remanejados de onde eles ocorrem para o local onde a praga vem se desenvolvendo livremente.
9. É importante o conhecimento dos inimigos naturais da praga para preservação e manutenção dos mesmos nas áreas de “palma” sujeitas a ação da praga.
10. Faz-se necessário dependendo do nível de infestação da praga na cultura, uma média de dois mil predadores por hectare para se obter o controle da praga estável em uma faixa de 3 a 4 meses (Silva 1991).
11. Melhor resultado com o controle biológico é obtido com a ação conjunta de predadores e parasitóides atuando na mesma área.
12. Evitar o uso indiscriminado de inseticidas para preservar os inimigos naturais e impedir a formação de raça resistente da praga aos inseticidas.
13. Uso de produtos químicos deve ser feito com cautela para não prejudicar os controladores naturais, que são mais sensíveis aos defensivos agrícolas que a própria praga. Para tanto os indicados são os inseticidas seletivos.
14. A aplicação de inseticidas deve ser com produtos seletivos indicados para cochonilha na cultura, devendo ainda ser aplicado em pequenas áreas, um quarto ou menos da plantação onde não foram encontrados inimigos naturais.

15. Um produto indicado para o controle da cochonilha da "palma" é o óleo mineral para pulverização de plantas na proporção de 1%. A principal atuação da solução sobre a praga é formação de uma película transparente sobre a escama que funciona como uma lente de aumento, quando o sol incide sobre a cochonilha queima o corpo da mesma, isto principalmente por elas serem de hábito estacionário.
16. Para essa cochonilha é importante o reconhecimento de machos e fêmeas, o que permite proceder a introdução de machos nas áreas onde a infestação é somente de fêmeas, como medida auxiliar no controle da praga. A separação é feita segundo a forma da escama de proteção do inseto. As fêmeas apresentam escama redonda e os machos escama menor e alongada. Nesta etapa são levadas raquetes de palma contendo escamas alongadas e colocar as mesmas amarradas com cordão na touceira da planta onde a infestação é somente de fêmeas de escamas redondas. Esta medida pode reduzir a população de fêmeas em até 50%, uma vez que a reprodução passa a ser por anfigonia dando nascimento a machos e fêmeas na razão sexual de um para um.

Conclusões

As técnicas de combate recomendadas aplicadas em um programa de manejo integrado exercem controle eficaz da cochonilha da palma. Os inimigos naturais da cochonilha que ocorrem na região, apresentam bom potencial de controle da praga. A reincidência da praga sobre a cultura da palma forrageira em níveis elevados é uma consequência das estiagens prolongadas que acontecem periodicamente na região provocando o desaparecimento dos inimigos naturais no campo, por falta de abrigos (vegetação nativa) e pela diminuição da umidade relativa do ar, que proporcionam o crescimento da população da cochonilha por ser bem adaptada às condições do clima Semi-Árido e livres de seus respectivos inimigos naturais.

Agradecimentos

À Professora de Entomologia da Universidade Federal de Alagoas Iracilda Maria de Moura Lima pelas identificações e novas combinações dos nomes científicos dos predadores da cochonilha. À Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária - IPA, pelo apoio no desenvolvimento das pesquisas.

Literatura citada

- Arruda, GP de 1983. Aspectos etológicos da cochonilha da palma forrageira *Diaspis echinocacti* (Bouché, 1833) (Homoptera, Diaspididae). Tese. Recife, Brasil, Universidade Federal Rural de Pernambuco. 122 p.
- Arruda, GP de; Arruda Filho, GP de; Warumby, JF. 1999. Introducción y utilización de las cactáceas *Nopalea cochenillifera* (L.) y *Opuntia ficus-indica* in el Brasil. In Congreso Nacional y VI Internacional Sobre Conocimiento y Aprovechamiento de el Nopal. México (VIII, 1999, San Luis Potosi, México). Memoria p. 101.
- Bergamim Filho, A; Amorim, L. 1999. Manejo Integrado: problemas conceituais para sua aplicação em Fitopatologia. In Manejo Integrado de Doenças e pragas (1, 1999, Viçosa, Brasil). Encontro. Universidade Federal de Viçosa. p. 6 -29.
- Carvalho, MB; Arruda, GP. de 1978. A cochonilha da palma forrageira *Diaspis calyptroides* (Homoptera, Diaspididae), e seus inimigos naturais em Pernambuco e Alagoas. Caderno Ômega (Brasil) 2(1) 125 - 130.
- Domingues, O. 1963. Origem e introdução da palma forrageira no Nordeste. Instituto Joaquim Nabuco de Pesquisas Sociais. Recife, Brasil. 76 p.
- Farias, I; Fernandes, A de PM; Santos, DC dos; França, MP. 1984. Cultivo da palma forrageira em Pernambuco. Instruções Técnicas N° 21 - Recife, Brasil, Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária - IPA.
- Ferris, GF. 1954. Atlas of the scale insects of North America. Stanford University Press. California. p.36.
- Hempel, A. 1900. As Coccidas brasileiras. Revista do Museu Paulista (Brasil) 4: 520.
- Santos, DC dos 1992. Estimativa de parâmetros genéticos em caracteres de clones da palma forrageira *Opuntia ficus-indica* Mill e *Nopalea cochenillifera* Salm - Dyck. Dissertação Mestrado. Recife, Brasil, espaço Universidade Federal Rural de Pernambuco. 119 p.
- Santos, DC dos; Farias, I; Lyra, M de A; Tavares Filho, JJ; Santos, MVF dos; Arruda, G P de 1997. A palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill e *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) em Pernambuco: Cultivo e Utilização. Recife, Brasil, Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. Documentos IPA N° 25. 23 p.
- Silva, AGA; Cincinnato, RG; Galvão, DM; Gonçalves, AJL; Gomes, J; Silva, M do N; Simone, L. 1968. Quarto Catálogo dos Insetos que vivem nas Plantas do Brasil seus parasitos e predadores. Parte II - 1° Tomo. Rio de Janeiro, Brasil, Ministério da Agricultura. Laboratório Central de Patologia Vegetal. p. 174.
- Silva, DMP. 1990. Ocorrência de *Calloeneis* sp. sobre a cochonilha da palma em Alagoas. In Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília 25 (2) 281-282.
- Silva, SQ da 1991. Avaliação do controle biológico da cochonilha *Diaspis echinocacti* (Bouché, 1833) (Homoptera, Diaspididae) da palma forrageira em Pernambuco. Dissertação Mestrado. Recife, Brasil, Universidade Federal Rural de Pernambuco. 103 p.
- Warumby, JF; Tavares Filho, JJ; Santos, DC dos; Arruda, GP de. 1993. Controle da cochonilha *Diaspis echinocacti* (Homoptera, Diaspididae) que ocorre sobre a palma forrageira no Nordeste. Recife, Brasil, Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária - IPA. Comunicado Técnico 57. 7 p.

Infección del *Virus del rizado de las hojas del tomate* (ToLCV-Pan) por *Bemisia tabaci* en Panamá

Anayansi Valderrama¹
Aníbal Velásquez²
Orencio Fernández²

RESUMEN. La mosca blanca *Bemisia tabaci* es una plaga de importancia económica del cultivo del tomate en Panamá. El biotipo B causa daño tanto por su alimentación directa como por la transmisión de geminivirus. Este trabajo describe, por primera vez, las propiedades de infección y la relación virus - *B. tabaci* vector del *Virus del rizado de las hojas del tomate* (ToLCV-Pan), un geminivirus transmitido por *B. tabaci* en Panamá, que es un vector eficiente suyo. En los estudios virus- vector, el período mínimo de adquisición fue de 0,25 h (5,6%) y la tasa de infección aumentó con la ampliación del período de acceso, alcanzando el máximo a las 24 h. El período mínimo de inoculación fue de 15 min y la tasa de infección también aumentó con la extensión del período de inoculación. La eficiencia relativa de infección para 1, 5, 10 y 20 adultos de *B. tabaci* fue de 25, 53,8, 75 y 100%, respectivamente.

Palabras clave: *Bemisia tabaci*, Virus del rizado de las hojas del tomate (ToLCV-Pan), Infección, Tomate.

ABSTRACT. Infection of Tomato Leaf Curl Virus-Pan (ToLCV-Pan) by Bemisia tabaci in Panama. Whitefly *B. tabaci* is an economically important pest of the tomato crop in Panama. Biotype B causes damage both by direct feeding and by transmission of geminivirus. This study describes, for the first time, the infection properties and the virus - *B. tabaci* relationship. *B. tabaci* is an efficient vector of the ToLCV-Pan, a geminivirus transmitted by *B. tabaci* in Panama. In the virus-vector studies, the minimum acquisition period was 0.25 h (5.6%) and the rate of infection increased with the acquisition period, reaching a maximum after 24 h. The minimum inoculation period was 15 min (5.3%) and the rate of infection also increased as the inoculation period was lengthened. Relative efficiencies of transmission for 1, 5, 10 and 20 *B. tabaci* adults were 25, 53.8, 75 and 100%, respectively.

Key Word: *Bemisia tabaci*, Tomato Leaf Curl Virus-Pan (ToLCV-Pan), Infection, Tomato.

Introducción

La mosca blanca, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) es una de las plagas más importantes en las regiones tropicales y subtropicales del mundo (Gerling y Mayer 1996). El biotipo B, también llamado *B. argentifolii*, Bellows & Perring (Bellows et al. 1994) causa más daño a los cultivos por su mayor actividad de alimentación y eficiencia en la transmisión de virus, principalmente el género Begomovirus (anteriormente subgrupo III de la familia Geminiviridae). Los geminivirus poseen partículas isométricas gemelas y el genoma es DNA monocatenario circular.

Los Begomovirus poseen genoma bipartito, designado como DNA-A y DNA-B. (Lazarowitz 1992, Mayo y Martelli 1993).

El cultivo del tomate en América Central y el Caribe ha sido afectado seriamente por epidemias de geminivirus que han disminuido severamente la producción y la calidad de los frutos. (Brown y Bird 1992, Polston y Anderson 1997). El tomate industrial tiene gran importancia económica en la zona central de Panamá, conocida como arco seco, y conformada por las provincias de Coclé, Herrera y Los Santos. En esta zona, la población de mosca blanca ha aumentado consi-

¹ Programa Centroamericano de Maestría en Entomología. Panamá, Panamá anyval@hotmail.com

² Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá. Panamá, Panamá. ofernandez63@hotmail.com

derablemente debido a cambios climáticos y al uso inadecuado de insecticidas (Zachrisson y Poveda 1992). Los síntomas observados en tomate asociados a geminivirus son achaparramiento, moteado y rizado de las hojas. El geminivirus del tomate de esta región se caracterizó a nivel molecular y se denomina *Virus del rizado de las hojas del tomate de Panamá* (ToLCV-Pan) (Engel *et al.* 1998). Las pérdidas de tomate industrial atribuidas a la alta población de moscas blancas y a la infección del ToLCV-Pan en el arco seco se han estimado en 2184 kg/ha por año durante el período 1991-1997 de acuerdo al informe final de zafra de la compañía Nestlé (Engel *et al.* 1998)

El conocimiento de la forma de infección de los virus de una planta a otra por los insectos vectores es importante para comprender la epidemiología viral con el propósito de desarrollar estrategias de manejo, así como para la selección de progenitores y obtener variedades resistentes o tolerantes en programas de mejoramiento genético. Este trabajo describe las características de infección de ToLCV-Pan por su vector *B. tabaci*.

Materiales y métodos

Mantenimiento del virus, las moscas blancas y las plantas.

Los adultos de *B. tabaci* biotipo B se obtuvieron de una colonia libre de virus mantenida en berenjena en una jaula a prueba de insectos. Estas plantas se renovaron cada 30 días.

Las moscas blancas de esta colonia provenían de Tres Quebradas y Sabana Grande, Provincia de Los Santos, y de Los Castillos de Parita, Provincia de Herrera. El biotipo fue identificado como B mediante análisis de RAPD-PCR (P. Anderson 1999, *Com. pers.*) y la producción del síndrome de hoja plateada en zapallo (*Cucurbita pepo*).

Las pruebas de adquisición, inoculación y eficiencia de infección se realizaron en los invernaderos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá, ubicados en Tocumen. La temperatura promedio del área fue de 29° C, mientras la del invernadero fue de 35° C, con máximas y mínimas de 38° C y 24° C, respectivamente.

Como fuente de inóculo se utilizó un aislamiento del virus de una planta de tomate con síntomas de encrespamiento de las hojas, mosaico y achaparramiento proveniente de Tres Quebradas, provincia de Los Santos. Este se mantuvo en el invernadero en plantas de tomate mediante infección por *B. tabaci*.

Relación Virus- Vector

En las pruebas de infección de ToLCV-Pan se utilizó la variedad de tomate Floradade, susceptible a ToLCV-Pan y a geminivirus en general. En esta variedad se observan los síntomas evidentes de infección viral entre 7 días (mínimo) y 15 días (máximo) después de la inoculación con las moscas blancas. Las plantas se sembraron en macetas de 340 g que se introdujeron en macetas de 4 kg y se cubrieron con una malla en forma de campana de 17 cm de diámetro y 19 cm de altura. En todas las pruebas se utilizaron plantas con la primera hoja verdadera completamente desarrollada.

Los insectos adultos (hembras y machos) se manipularon con la ayuda de un aspirador. Se les permitió alimentarse en tomate infectado con ToLCV-Pan durante varios períodos de adquisición (0,25; 0,5; 1; 2; 4; 10 y 24 h) y luego 24 h en tomate sano. Para cada período de adquisición se utilizaron cinco insectos por planta sana y cinco plantas por repetición. En los tiempos 0,25; 0,5 y 1 h se hicieron 4 repeticiones y en los períodos de 2, 4, 10 y 24 h se realizaron 2 repeticiones. Se utilizaron más repeticiones en los tratamientos con 1 h o menos para confirmar la infección obtenida en tiempos tan breves.

Para determinar el período mínimo de inoculación, *B. tabaci* permaneció 45 h en plantas de tomate infectadas con ToLCV-Pan como período de adquisición. Se evaluaron varios períodos (0,25; 0,5; 1; 2; 4; 8; 24; 48 y 72 h) de inoculación del virus, para lo cual *B. tabaci* se mantuvo en plantas de tomate sanas durante ese tiempo. Se utilizaron 10 moscas blancas por planta en cada período y 5 plantas por repetición.

El efecto del número de vectores en la eficiencia relativa de infección del virus se determinó utilizando 1, 2, 3, 5, 7, 10 y 20 adultos por planta. Luego de un período de adquisición de 24 h en tomate infectado con ToLCV-Pan permanecieron 24 h en tomate sano para la inoculación. Se utilizaron 5 plantas por repetición. En el caso de 1 y 2 insectos/planta se hicieron 4 repeticiones, para 3 y 5 insectos 3 repeticiones y para 7, 10 y 20 insectos/planta se hicieron 2 repeticiones. El número de repeticiones fue mayor en los tratamientos con menos insectos para asegurar la eficiencia de infección con pocos individuos.

En todos los experimentos se incluyó una planta de tomate sana con 5 adultos no virulíferos de *B. tabaci* y una planta sana sin moscas blancas. Al finalizar cada período de prueba las plantas fueron asperjadas con endosulfán para eliminar las moscas blancas y las plantas se mantuvieron aisladas en jau-

las con mallas a prueba de insectos hasta la aparición de síntomas. Veinticinco días después de la inoculación se evaluaron los síntomas. Cuando las plantas aparecían asintomáticas se dejaron 10 días adicionales en observación.

Resultados y discusión

Adquisición de ToLCV-Pan

La infección con ToLCV-Pan por *B. tabaci* se produjo después de un período mínimo de 15 min (Cuadro 1). La tasa de infección aumentó a medida que el período de adquisición se incrementó y alcanzó el valor máximo con un tiempo de adquisición de 24 h.

Los virus transmitidos en forma circulativa por sus insectos vectores tienen mayor probabilidad de ser transmitidos conforme aumenta el período de adquisición. Otros autores han encontrado patrones similares de transmisión con diferentes geminivirus del tomate en el viejo y el nuevo mundo. (Cohen y Nitzany 1966, Uzcátegui y Lastra 1978, Brown y Nelson 1988, Mansour y Al-Musa 1992, Mehta *et al.* 1994, Bonilla 1995, Idris y Brown 1998).

El corto período de adquisición de ToLCV-Pan, comparado con otros geminivirus del tomate, posiblemente se debe a la mayor capacidad de alimentación del biotipo B utilizado en este estudio. Brown (1992) y Mehta *et al.* (1994) obtuvieron resultados similares utilizando el biotipo B con los *Virus del tomate rizado de las hojas de Sinaloa* (STLCV) y *Virus del rizado amarillo de las hojas* (TYLCV), respectivamente. El biotipo B está adaptado al tomate y es más fecundo en este cultivo comparado al biotipo A.

Cuadro 1. Infección de ToLCV-Pan por *B. tabaci* después de varios períodos de adquisición en plantas de tomate infectadas y de transferencia a plantas de tomate sanas durante un período de inoculación de 24 horas.

Período de Adquisición (h)	Proporción de plantas enfermas ^{a/b}	Porcentaje
0,25	1/18	5,6
0,5	2/19	10,5
1	2/15	13,3
2	4/8	50,0
4	5/8	71,4
10	4/8	50,0
24	10/10	100

* Se usaron cinco especímenes de *B. tabaci* por planta.

a. Número de plantas infectadas/ b. Número de plantas evaluadas.

ToLCV-Pan está estrechamente relacionado al *Virus del mosaico amarillo de la papa* (PYMV) de Venezuela (Engel *et al.* 1998). Los resultados preliminares de la caracterización molecular del Virus del mosaico amarillo del tomate (ToYMV) sugieren que PYMV es en realidad ToYMV (Morales y Anderson 2001) Sin embargo, el tiempo mínimo de adquisición de ToYMV fue de 2 h (Uzcátegui y Lastra 1978) y el de ToLCV-Pan de 15 min. Posiblemente, esta diferencia se deba a temperaturas más altas en estos ensayos. La temperatura promedio utilizada en estas pruebas fue de 35°C. Uzcátegui y Lastra (1978) obtuvieron mayor eficiencia de infección a temperaturas entre 30 y 34°C, comparando con 20-30°C.

Inoculación de ToLCV-Pan

La infección de ToLCV-Pan por *B. tabaci* se dio después de un período mínimo de inoculación de 0,25 h (Cuadro 2). La tasa de infección aumentó a medida que se extendía el período de inoculación y alcanzó el máximo a las 24 h. El tiempo mínimo de inoculación de 15 min se puede atribuir al largo período de adquisición utilizado (45 h). Brown y Nelson (1988) obtuvieron con el *Virus Chino del tomate* (CdTV) un período mínimo de inoculación de 10 min cuando el período de adquisición fue de 48 h.

A medida que aumenta el período de adquisición el insecto tiene mayor capacidad de infectar a las plantas con el virus. Esto puede deberse al traslape del período de adquisición con el período de latencia, cuando el primero es muy largo. El período de latencia de ToLCV-Pan de acuerdo a estos resultados debería ser menor de 24 h.

Cuadro 2. Infección de ToLCV-Pan por *B. tabaci* después de un período de adquisición de 45 h en plantas de tomate infectado y de transferencia a plantas de tomate sano durante varios períodos de inoculación.

Período de inoculación (h)	Proporción de plantas enfermas ^{a/b}	Porcentaje
0,25	1/19	5,3
0,5	2/20	10,0
1	4/19	21,0
2	4/14	28,6
4	14/20	70,0
8	11/12	91,7
24	10/10	100
48	10/10	100
72	10/10	100

* Se usaron diez moscas blancas por planta.

a. Número de plantas infectadas/ b. Número de plantas evaluadas.

Efecto del número de moscas blancas en la eficiencia de infección del virus

Un adulto de *B. tabaci* fue capaz de infectar plantas de tomate con el ToLCV-Pan pero la tasa de infección aumentó a más del doble cuando se utilizaron cinco insectos por planta (Cuadro 3). A medida que aumentó el número de insectos aumentó también la proporción de plantas enfermas hasta alcanzar el 100% con 20 insectos por planta. Con 20 vectores por planta se alcanza 100% de infección con el *Virus chino del tomate*. La tasa de infección de TYLCV ha variado según los informes de varios trabajos, llegando a 100% con 15 vectores por planta (Cohen y Nitzany 1966), 67% con 15 insectos virulíferos por planta (Mansour y Al Musa 1992) y 97% con 20 insectos virulíferos por planta (Mehta *et al.* 1994). Estas diferencias posiblemente se deban a otros factores experimentales como genotipo del tomate, edad de la planta sana al momento de la inoculación, temperatura, biotipo y sexo de los insectos utilizados en cada investigación. En general, las hembras son vectores más eficientes que los machos (Cohen y Nitzany 1966, Uzcátegui y Lastra 1978, Nateshan *et al.* 1996). Por lo tanto, los resultados pueden variar entre uno y otro experimento dependiendo de la proporción entre hembras y machos empleados en cada prueba. La planta enferma como fuente de virus parece no tener importancia, dado que *B. tabaci* adquiere cantidades similares de virus en plantas con baja o alta concentración de TYLCV (Zeidan y Czosnek 1991). Idris *et al.* (2001) demostraron que el biotipo A es más eficiente que el biotipo B en transmitir el *Virus del Chino del tomate* empleando un solo insecto virulífero. Sin embargo, el éxito del biotipo B como vector de geminivirus en el Nuevo Mundo se debe a su capacidad de alcanzar altas densidades de población y de desplazar las poblaciones de biotipos locales.

En esta investigación, en el experimento donde varió el período de adquisición (Cuadro 1) se obtuvo 100% de infección con 5 insectos por planta y en aquel donde varió el número de insectos (Cuadro 3) se obtuvo 100% de infección con 20 moscas blancas por planta. Comparando el Cuadro 1 (100% de infección con 5 moscas blancas) con los resultados del Cuadro 2 (100% de infección con 10 insectos), vemos que en

ambos experimentos se emplearon 24 h de inoculación y el tiempo de adquisición es mayor para el segundo ensayo (45 h) por lo que se esperaría mayor eficiencia con menos insectos. Estas diferencias pueden atribuirse a diferencias de temperatura entre un experimento y otro, ya que durante la investigación la temperatura fue variable; o bien a diferencias en la proporción de sexos en cada prueba, dado que no se registró la proporción de hembras y machos. No obstante, dentro de cada experimento se observa una tendencia en cuanto a la adquisición o la infección cuando los otros factores se mantienen constantes. La importancia de estos resultados es que muy pocas moscas blancas virulíferas son necesarias para alcanzar 100% de infección y así fácilmente desatar una epidemia.

Cuadro 3. Infección de ToLCV-Pan por *B. tabaci* después de un período de adquisición de 24 h en plantas de tomate infectado y un período de inoculación de 24 h en plantas de tomate sano, en función del número de insectos por planta.

Insectos por planta	Proporción de plantas enfermas ^{a/b}	Porcentaje
1	4/16	25,0
2	6/18	33,3
3	5/14	35,7
5	7/13	53,8
7	7/10	70,0
10	6/8	75,0
20	10/10	100,0

a. Número de plantas infectadas/b. Número de plantas evaluadas.

El reconocimiento y la comprensión de las características de la relación virus-vector-hospedante son críticos para diseñar estrategias eficientes de manejo integrado de geminivirus en tomate. El control químico por sí solo es ineficaz, ya que poblaciones muy bajas de moscas blancas pueden infectar el 100% de las plantas en el campo debido a su gran eficiencia como vector. Además, los trabajos sobre la infección controlada con insectos, aunque son arduos, pueden ser una herramienta útil para la selección de genotipos de tomate resistentes o tolerantes a geminivirus en programas de mejoramiento genético que no cuenten con facilidades de biología molecular.

Literatura citada

- Bellows, TS; Perring, TM; Gill, RJ; Headrick, DH. 1994. Description of a species of *Bemisia* (Hom: Aleyrodidae) infesting North American agriculture. *Ann. of the Ent. Soc. of America* 87:195-206.
- Bonilla, F. 1995. Períodos de adquisición, latencia y transmisión de un geminivirus en tomate, por la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 35: 11-13.
- Brown, JK; Nelson, MR. 1988. Transmission, host range and virus- vector relationship of *Chino del Tomate Virus*, a whitefly transmitted geminivirus from Sinaloa, Mexico. *Plant Dis.* 72: 866-869.
- Brown, JK. 1992. Evaluación crítica sobre los biotipos de moscas blancas en América, de 1989 a 1992. *In* Taller Centroamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas (1992, Turrialba, Costa Rica). *Memorias* p. 1-9.
- Brown, JK; Bird, J. 1992. Whitefly-transmitted geminiviruses and associated disorders in the Americas and the Caribbean Basin. *Plant Dis.* 76: 220-225.
- Cohen, S; Nitzany, FE. 1966. Transmission and host range of the *Tomato yellow leaf curl virus*. *Phytopathology* 56: 1127-1131.
- Engel, M; Fernández, O; Jeske, H; Frischmuth, T. 1998. Molecular characterization of a new whitefly transmissible bipartite geminivirus infecting tomato in Panama. *J. Gen. Virol.* 79: 2313-2317.
- Gerling, D; Mayer, RT. Eds. 1996. *Bemisia* 1995: Taxonomy, biology, damage, control and management. United Kingdom, Intercept. 702 p.
- Idris, AM; Smith, SE; Brown, JK. 2001. Ingestion, transmission and persistence of *Chino del Tomate Virus* (CdTV), a New World begomovirus by Old and New World biotypes of the whitefly vector *Bemisia tabaci*. *Ann. Appl. Biol.* 139: 145-154.
- Idris, AM; Brown, JK. 1998. *Sinaloa tomato leaf curl geminivirus*: Biological and molecular evidence for a new subgroup III virus. *Phytopathology* 88: 648-657.
- Lazarowitz, SG. 1992. Geminiviruses: genome structure and function. *Crit. Rev. Plant Sci.* 11: 327-349.
- Mansour, A; Al-Musa, A. 1992. *Tomato yellow leaf curl virus*: host range and virus- vector relationship. *Plant Pathology* 41: 122-125.
- Mayo, MA; Martelli, GP. 1993. New families and genera of plant viruses. *Arch. Virol.* 133: 496-498.
- Mehta, P; Wyman, JA; Nakhla, MK; Maxwell, DP. 1994. Transmission of *Tomato yellow leaf curl geminivirus* by *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *J. Econ. Entomol.* 87: 1291-1297.
- Morales, FJ; Anderson, PK. 2001. The emergence and dissemination of whitefly-transmitted geminiviruses in Latin America. *Arch. Virol.* 146: 415-441.
- Nateshan, HM; Muniyappa, V; Swanson, MM; Harrison BD. 1996. Host range, vector relations and serological relationships of cotton leaf curl virus from southern India. *Annals of Applied Biology* 128: 233-244.
- Polston, JE; Anderson, PK. 1997. Emergence of whitefly-transmitted geminiviruses in tomato in the western hemisphere. *Plant Dis.* 81: 1358-1369.
- Uzcátegui, RC De; Lastra, R. 1978. Transmission and physical properties of the causal agent of mosaico amarillo del tomate (tomato yellow mosaic) *Phytopathology* 68: 985-988.
- Zachrisson, B; Poveda, J. 1993. Las moscas blancas en Panamá. *In* Las moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en América Central y el Caribe. Hilje, L; Arboleda, O. Ed. CATIE, Turrialba, Costa Rica. p. 64-66.
- Zeidan M; Czosnek, H. 1991. Acquisition of *Tomato yellow leaf curl virus* by the white fly *Bemisia tabaci* *J. of General Virology* 72: 2607-2614.

Influencia de la fertilización nitrogenada en la interferencia de *Digitaria sanguinalis* sobre maracuyá

Bielinski M. Santos¹

RESUMEN. Se evaluó el efecto de niveles y frecuencia de fertilización con nitrógeno (N) sobre las poblaciones de la maleza *Digitaria sanguinalis* y la productividad de plantas de maracuyá o chinola (*Passiflora edulis* var. *edulis*). El estudio se realizó en fincas de productores en el Municipio de Monte Plata, República Dominicana. Se utilizaron niveles de N, aplicado en forma de urea, de 57, 114 y 171 g/planta por aplicación y tres frecuencias (cada 30, 60 y 90 días). La dosis utilizada por los productores de la zona (114 g de urea cada 60 días) fue el testigo. El número de frutos comerciales/planta y la abundancia de *D. sanguinalis* fueron evaluados desde los 30 hasta los 180 días. Se calculó la tasa marginal de retorno (TMR) para el tratamiento más promisorio y para el testigo. Los resultados mostraron que combinaciones de niveles de urea y frecuencia de aplicación ejercieron influencia sobre las variables evaluadas. En cuanto al número de frutos comerciales cosechados por planta, las combinaciones de 114 g de urea cada 30 días, 171 g de urea cada 30 días y 171 g de urea cada 60 días fueron superiores a los demás tratamientos. En todos los muestreos, la menor cantidad de la maleza se presentó en las combinaciones de 114 g de urea a los 30 días y 171 g urea a los 30 o 60 días. El uso de 171 g de urea cada 60 días comparado con 114 g de urea con igual frecuencia resultó en una TMR de 1,22. Los resultados obtenidos demuestran que el manejo de la fertilización nitrogenada puede modificar la abundancia y posiblemente los patrones de interferencia de *D. sanguinalis* sobre maracuyá.

Palabras clave: *Digitaria sanguinalis*, *Passiflora edulis*, Maracuyá, Malezas, Fertilización, Interferencia.

ABSTRACT. Influence of nitrogenous fertilization on the interference of *Digitaria sanguinalis* on passion fruit. The effect of levels and frequency of fertilization with nitrogen (N) on populations of the weed *D. sanguinalis* and the productivity of passion fruit plants (*Passiflora edulis* var. *edulis*) was evaluated. The study was performed on the farms of producers, in the county of Monte Plata in the Dominican Republic. The levels of N, applied as urea, 57, 114 and 171 g/plant per application and three frequencies (every 30, 60 and 90 days) were utilized. The dose rate utilized by producers in the region (114g of urea every 60 days) was the control. The number of commercial fruits/plant and the abundance of *D. sanguinalis* were evaluated from 30 to 180 days. The marginal return rate (MRR) was calculated for the most promising treatment and the control. The results show that combinations of urea levels and frequencies of application exerted an influence on the variables evaluated. For the number of commercial fruits harvested per plant, the combinations of 114 g urea every 30 days, 171 g urea every 30 days, and 171 g urea every 60 days were superior to the other treatments. In all the sampling, the lowest quantity of weed occurred in the combinations of 114 g urea every 30 days, and 171 g urea at 30 or 60 days. The use of 171g of urea every 60 days compared with 114g of urea with the same frequency resulted in a MRR of 1.22. The results demonstrate that management of nitrogen fertilization can modify the abundance and perhaps the patterns of interference of *D. sanguinalis* in passion fruit fields.

Key words: *Digitaria sanguinalis*, *Passiflora edulis*, Passion fruits, Weed, Fertilization, Interference.

Introducción

La maracuyá o chinola es una de las frutas de más consumo en República Dominicana. Casi la totalidad de la producción se destina al consumo en fresco, así como al procesamiento de jugos, conservas, helados y

jaleas por las agroindustrias nacionales. La importancia de este cultivo se debe entre otras cosas a su alto grado brix, el cual le permite ser un sustituto de las naranjas para mezclas de jugos y enlatados. Además, existe una creciente demanda del producto de alta ca-

¹ Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Santo Domingo, República Dominicana. bmsantos@yahoo.com.

lidad para consumo en fresco en las instalaciones turísticas nacionales.

Una de las principales limitantes que reduce la calidad y aumenta los costos de producción de este cultivo es el manejo de las malezas. En República Dominicana, la maracuyá es cultivada en zonas de clima fresco y de adecuada pluviometría, condiciones que también benefician a las malezas, las cuales son más agresivas que en otras zonas de producción. Esta situación aumenta considerablemente los costos de establecimiento y mantenimiento de las plantaciones de la fruta, reduciendo su rentabilidad debido principalmente a que la mayoría de los productores realizan aplicaciones secuenciales de herbicidas entre hileras o utilizan mano de obra para el control de malezas. Estos métodos de control son utilizados sin seguir criterios científicos que avalen su uso. En el caso de la maracuyá, si las malezas no son controladas pueden causar severos daños durante los primeros meses después de la siembra.

Las malezas interfieren con los cultivos en dos maneras: alelopatía y competencia (Anderson 1983). En alelopatía, las malezas liberan exudados en el suelo y/o el agua que inhiben el crecimiento de otras especies (Patterson 1986). Cuando se presentan interacciones competitivas entre dos especies, éstas ocurren por factores esenciales para el crecimiento y el desarrollo, tales como el agua, aire, espacio, gases y nutrientes (Radosevich 1987). En el caso de los nutrientes, es ampliamente conocido que el grado de interferencia de las malezas con un cultivo puede ser afectado al cambiar el régimen de fertilización utilizado (DiTomaso 1995).

En estudios en condiciones de campo en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*), el cambio de fertilización fosforada al voleo a bandas permitió reducir el impacto de *Portulaca oleracea* en 13% (Santos *et al.* 1997). Otros informes han señalado la influencia que los programas de fertilización nitrogenada tienen al proveer ventaja adicional a cultivos o malezas (Carlson y Hill 1986, Okafor y DeDatta 1976). En este sentido, Sánchez *et al.* (1991) demostró que se obtienen mayores rendimientos en maíz (*Zea mays*) al aplicar en bandas solamente 33% del fósforo (P) recomendado en aplicaciones al voleo. Por otro lado, Shrefler *et al.* (1994) reportó que P aplicado en bandas en plantaciones de lechuga proveía ventaja competitiva al cultivo contra bleado espinoso (*Amaranthus spinosus*). Todos estos estudios sugerían que la manipulación de frecuencia, ubicación y nivel de nutrientes puede modificar las interacciones entre cultivos y malezas.

Santos (2000) demostró que la aplicación de diferentes frecuencias y dosis de aplicación de urea en plantaciones adultas del frutal, interactivamente afectaban la producción de frutos por planta.

Los estudios de manejo de fertilización en frutales pocas veces indican el efecto de éstos sobre las poblaciones de malezas y su potencial de reducción del rendimiento del cultivo. Esta situación se debe principalmente a que las malezas pueden reducir el crecimiento de especies perennes, sin presentarse síntomas aparentes de daños. No existen estudios que especifiquen el nivel de daño causado por malezas en maracuyá y cómo diversos programas de fertilización nitrogenada afectan la interferencia de las mismas. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de niveles y frecuencia de fertilización con N sobre las poblaciones de malezas y la productividad de maracuyá.

Materiales y métodos

Se realizaron evaluaciones en fincas de productores localizadas en las cercanías del municipio de Monte Plata, ubicado a 60 msnm y a 45 km al norte de la ciudad de Santo Domingo, República Dominicana. Los estudios se realizaron entre marzo del 1999 y octubre del 2000. Las condiciones promedio fueron precipitación 2200 mm, con 210 días de lluvia al año y temperatura de 25 °C. El suelo corresponde a un oxisol típico.

Se utilizaron plantaciones adultas de maracuyá amarilla con más de dos años de establecidas. Las mismas están plantadas sobre espalderas de soporte sencillo, a 1,80 m de la superficie y postes separados a 2,5 m de distancia. La densidad poblacional fue de 1600 plantas/ha. La fertilización convencional utilizada fue de 114 g superfosfato triple/planta al trasplante, 171 g 15-15-15/planta a los 30 días después del trasplante (ddt), complementado por aplicaciones foliares de 20-20-20 cada 30 días. Estas recomendaciones fueron basadas en análisis de suelo previos y prácticas de los productores. El control de gusanos del follaje (*Heliothis* spp. y *Spodoptera* spp.) se realizó siguiendo la práctica de los productores, aplicando malatión y cipermetrina a dosis comerciales, según muestreos previos realizados. Para el manejo de enfermedades del follaje y el fruto se utilizó mancozeb en dosis comerciales, cuando fue necesario.

Antes del establecimiento de los estudios, las malezas fueron muestreadas e identificadas en las plantaciones utilizadas. Este muestreo se realizó en áreas piloto donde se dejó a las malezas crecer sin aplicar ningún control durante los 12 meses previos al estu-

dio, con el propósito de determinar la abundancia y fluctuaciones poblacionales de las especies dominantes de la zona. Estos muestreos previos mostraron que las especies dominantes en las plantaciones eran las gramíneas perennes *Rottboellia exaltata* y *Digitaria sanguinalis*. Luego de 13 muestreos, estas especies cubrían 95% del área colonizada por malezas entre los surcos. *D. sanguinalis* fue la más frecuente de ambas, correspondiendo a 90% de la biomasa fresca producida. Estudios previos indicaron que las poblaciones de *D. sanguinalis* en el área experimental eran uniformes en número y desarrollo. Siguiendo las prácticas de los productores, 15 días antes del estudio se procedió a aplicar un herbicida de contacto de acción no residual para eliminar las malezas existentes. Este procedimiento buscó uniformizar el área de estudio antes de la instalación de los tratamientos. Durante el estudio, la abundancia de *D. sanguinalis* fue monitoreada cada 30 días a partir de la primera aplicación de urea.

Se utilizó un diseño de parcelas divididas en un arreglo factorial con cuatro repeticiones, donde los niveles de N constituyeron las parcelas grandes y las frecuencias fueron las subparcelas. Las unidades experimentales consistieron de 20 plantas (125 m²). Los niveles de N, aplicado en forma de urea, fueron 57, 114 y 171 g urea/planta por aplicación, mientras que las frecuencias utilizadas fueron cada 30, 60 y 90 días. Se utilizó como testigo la dosis de fertilizante usada por los agricultores de la zona (114 g de urea/planta cada 60 días). El fertilizante fue aplicado al pie de cada planta e incorporado a 30 cm del tronco.

Las variables biológicas consideradas fueron número de frutos comerciales/planta y número de *D. sanguinalis*. Estas variables fueron evaluadas desde los 30 y hasta los 180 días, desde el inicio del estudio. Los resultados obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza. La tasa marginal de retorno (TMR) se calculó aplicando la metodología de presupuestos parciales para uno de los tratamientos más promisorios y para el testigo que corresponde a la dosis usada por los agricultores de la zona.

Resultados y discusión

Se determinaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos y entre niveles de urea y entre las frecuencias de aplicación; ellas interactivamente influenciaron las variables de producción. Por tanto, cada combinación fue analizada individualmente. Con respecto al número de frutos comerciales cosechados por planta, las combinaciones de 114 g de urea cada 30

días, 171 g de urea cada 30 días y 171 g de urea cada 60 días fueron superiores a las demás (Cuadro 1). La menor producción se obtuvo con el tratamiento de combinación de 57 g de urea cada 90 días.

Cuadro 1. Efecto de diferentes programas de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de maracuyá.

Tratamientos		Frutos/planta/año*
Urea (g)	Intervalo de días	
57	30	560 d
114	30	810 a
171	30	820 a
57	60	510 e
114**	60	670 b
171	60	815 a
57	90	400 f
114	90	620 c
171	90	625 c

Valores seguidos por la misma letra no difieren entre sí dentro de cada columna al nivel $P < 0,05$.

** Testigo.

En general, los tratamientos que incluyeron 57 g de urea por planta resultaron en las tres combinaciones que obtuvieron el menor número de frutos por planta. Esta situación sugiere que este menor nivel de fertilizante nitrogenado no es suficiente para maximizar los rendimientos en el cultivo, en contraste con las combinaciones que incluyeron 114 g o 171 g de urea por planta. La frecuencia de aplicación del fertilizante tuvo un marcado efecto en la respuesta del cultivo. Las combinaciones de 114 g o 171 g de urea aplicada cada 90 días no presentaron diferencias significativas entre sí (Cuadro 1). Sin embargo, esas mismas dosis de urea aplicadas cada 60 días difirieron en la respuesta de número de frutos por planta por año, lo cual indica que la frecuencia óptima de aplicación de urea en maracuyá se encuentra entre los 30 y 60 días.

En cuanto a la presencia de *D. sanguinalis*, los resultados obtenidos indican que hubo interacción significativa ($P < 0,05$) entre los niveles de urea aplicados y la frecuencia de aplicación. La mayor abundancia de *D. sanguinalis* ocurrió consistentemente en los tratamientos con menores cantidades de N aplicado (Cuadro 2). Este patrón de abundancia se verificó desde los 30 a los 180 días. En todos los muestreos, la menor cantidad de la maleza se presentó en las combinaciones de 114 g de urea a los 30 días y 171 g urea a los 30 o 60 días. En la mayoría de los tratamientos se observó la misma abundancia relativa a través del tiempo.

Cuadro 2. Efecto de diferentes programas de fertilización nitrogenada sobre la abundancia de *D. sanguinalis* en maracuyá.

Tratamientos		<i>D. sanguinalis</i> /m ² (muestreos en días)*					
Urea (g)	Intervalo de días	30	60	90	120	150	180
57	30	7,3 a	11,4 a	16,5 a	17,1 a	20,0 a	21,3 a
114	30	2,5 c	4,7 d	4,6 d	6,7 d	8,2 d	8,1 d
171	30	2,3 c	4,8 d	4,9 d	6,4 d	8,5 d	8,5 d
57	60	7,2 a	11,5 a	16,3 a	17,5 a	20,3 a	21,2 a
114**	60	4,4 b	6,3 c	6,2 c	9,0 c	11,1 c	12,3 c
171	60	2,2 c	4,7 d	4,7 d	6,5 d	8,3 d	8,4 d
57	90	7,3 a	11,3 a	16,4 a	17,4 a	20,2 a	21,4 a
114	90	4,6 b	8,3 b	13,0 b	13,3 b	15,1 b	16,0 b
171	90	4,4 b	8,4 b	13,4 b	13,1 b	15,2 b	16,4 b

* Valores seguidos por la misma letra no difieren entre sí dentro de cada columna al nivel $P < 0,05$.

** Testigo

Los resultados sugieren que se puede variar la abundancia relativa de malezas en función del manejo de prácticas agronómicas, tales como la aplicación de fertilización nitrogenada. Además, el efecto de la urea sobre las poblaciones de *D. sanguinalis* en maracuyá depende de las combinaciones específicas del fertilizante y la frecuencia de aplicación utilizadas. Estos resultados coinciden con otros presentados por diversos autores, en los cuales se indica que la fertilización puede ser un factor importante en el manejo cultural de malezas en cultivos (DiTomaso 1995, Santos *et al.* 1997, 1998, Shrefler *et al.* 1994).

En términos económicos, se comparó el tratamiento con menores costos variables, y cuyo rendimiento estuviera entre los más altos. En esta investigación, 171 g urea cada 60 días fue comparado con el testigo de los productores (114 g urea cada 60 días). La TMR mostró un incremento neto de 22% en las utilidades obtenidas por el cambio tecnológico (Cuadro 3), indicando que las variaciones en fertilización no sólo afectan positivamente el rendimiento de frutos obtenidos sino también en función de ingresos netos.

Cuadro 3. Presupuestos parciales y tasa marginal de retorno (TMR) para combinaciones de niveles de urea y frecuencias de aplicación en maracuyá.

Componentes	Combinaciones de tratamientos	
	171 g urea cada 60 días	114 g urea cada 60 días*
Rendimientos		
Rendimiento (frutos/ha/año)	1 304 000	1 072 000
Beneficio bruto		
Beneficio bruto en campo (US\$/ha)	26 847,06	22 070,59
Costos variables		
Aplicación de fertilizantes (US\$/ha)	47,35	38,93
Fertilizantes (US\$/ha)	61,04	51,84
Recolecciones (US\$/ha)	189,40	155,70
Total costos variables (ha)	297,79	246,47
Beneficios netos (US\$/ha)	26 549,27	21 824,12
TMR	1,22	

*Testigo.

Literatura citada

- Anderson, WP. 1983. *Weed Science: Principles*. St. Paul, Minn., West Publ.
- Carlson, HL; Hill, JE. 1986. Wild oat (*Avena fatua*) competition with spring wheat: Effects of nitrogen fertilization. *Weed Sci.* 34:29-33.
- DiTomaso, JM. 1995. Approaches for improving crop competitiveness through the manipulation of fertilization strategies. *Weed Sci.* 43:491-497.
- Okafor, LI; DeDatta SK. 1976. Competition between upland rice and purple nutsedge for nitrogen, moisture and light. *Weed Sci.* 24:43-46.
- Patterson, DT. 1986. Allelopathy. In Camper, ND. Ed. *Research Methods in Weed Science*. Champaign, IL, Southern Weed Science Soc. p. 111-134.
- Radosevich, SR. 1987. Methods to study interactions among crops and weeds. *Weed Technol.* 1:190-198.
- Sánchez, CA; Porter, PS; Ulloa, MF. 1991. Relative efficiency of broadcast and banded phosphorus for sweet corn produced on histosols. *Soil. Sci. Soc. of Am. J.* 55(3):871-875.
- Santos, BM. 2000. Respuesta de la chinola (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) a programas de fertilización nitrogenada. *Amer. Phytopath. Society Abstr.-CD* 40:13.
- Santos, BM; Dusky, JA; Stall, WM; Shilling, DG; Bewick, TA. 1998. Phosphorus effects on competitive interactions of smooth pigweed (*Amaranthus hybridus*) and common purslane (*Portulaca oleracea*) with lettuce (*Lactuca sativa*). *Weed Sci.* 46:307-312.
- Santos, BM; Dusky, JA; Stall, WM; Shilling, DG. 1997. Influence of smooth pigweed and common purslane densities on lettuce yields as affected by phosphorus fertility. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 110:315-317.
- Shrefler, JW; Dusky, JA; Shilling, DG; Brecke, BJ; Sanchez, CA. 1994. Effects of phosphorus fertility on competition between lettuce (*Lactuca sativa*) and spiny amaranth (*Amaranthus spinosus*). *Weed Sci.* 42:556-560.

Un programa exitoso de control biológico de insectos plaga de la caña de azúcar en Costa Rica

Francisco Badilla Fernández¹

RESUMEN. Se presentan los resultados de 12 años (1984 -1995) de investigación sobre manejo de los principales insectos plaga de la caña de azúcar, realizadas por el Programa de Entomología de la Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). Además, se discuten las metodologías de manejo utilizando el parasitoide *Cotesia flavipes*, los hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, así como el uso de trampas adhesivas y de luz, las prácticas de cultivo para el control del taladrador (*Diatraea* spp.), el salivazo (*Aeneolamia* spp. y *Prosapia* spp.) y los jobotos (*Phyllophaga* spp.) Se hace un análisis de las estrategias empleadas para el combate de plagas secundarias, como *Castnia licoides*, *Elasmopalpus lignosellus*, *Metamasius hemipterus*, *Sacharosydne sacharivora*, *Mocis latipes* y *Spodoptera frugiperda*. Para las actividades de manejo de los taladradores *Diatraea tabernella* y *Diatraea* spp., se presenta un análisis de costo:beneficio. Con base en la experiencia se hacen recomendaciones para las investigaciones futuras sobre manejo de las plagas de caña de azúcar, así como lineamientos para el mantenimiento exitoso de este programa.

Palabras clave: Caña de Azúcar, Plagas, Programas de control biológico, Hongos entomopatógenos, Parasitoides, Trampas, Costa Rica.

ABSTRACT. A successful biological control program of insect pests in sugar cane in Costa Rica. The results of 12 years (1984 - 1995) research on the management of the principal insect pests of sugar cane, realized by the Entomology Program of the Research and Extension Area of Sugar Cane (DIECA), are presented. Also, management methodologies utilizing the parasitoid *Cotesia flavipes*, the entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*, as well as adhesive and light traps, crop practices for control of the borer (*Diatraea* spp.), the "salivazo" (*Aeneolamia* spp. and *Prosapia* spp.) and the "jobotos" (*Phyllophaga* spp.), are discussed. An analysis is performed of the strategies employed for the control of secondary pests, such as *Castnia licoides*, *Elasmopalpus lignosellus*, *Metamasius hemipterus*, *Sacharosydne sacharivora*, *Mocis latipes* and *Spodoptera frugiperda*. A cost:benefit analysis is presented for management activities of the borers *Diatraea tabernella* and *Diatraea* spp. Based on these experiences, recommendations are made for future research on the management of sugar cane pests, as well as outlines for the successful management of this program.

Key Words: Sugar cane, Pests, Biological control, Fungal entomopathogens, Parasitoids, Traps, Costa Rica.

Introducción

En Costa Rica hay aproximadamente 51 100 hectáreas cultivadas con caña de azúcar, siendo este cultivo uno de los más importantes del país porque genera gran cantidad empleo y divisas. Durante los últimos veinte años, la caña de azúcar representó, en promedio, el 4,6% del producto interno bruto agropecuario (PIBA). Además es el producto agropecuario más importante en cuanto a consumo interno (Chaves 1993).

Uno de los factores limitantes para la producción de este cultivo son las plagas insectiles, pues algunas

disminuyen los rendimientos (Badilla 1997). Dada la amplia distribución de este cultivo en las zonas tropicales y subtropicales del mundo, existe abundante información sobre los insectos plagas. Box (1947) reportó aproximadamente 1300 especies de insectos que se alimentan de la caña de azúcar a nivel mundial. En el continente americano, las plagas más importantes son taladradores de los géneros *Diatraea* y *Castnia*, los cercópidos de los géneros *Aeneolamia* y *Manharva*, así como los escarabeidos del género *Phyllophaga* y el delfácido *Perkinsiella saccharicida* (Badilla 1997).

¹Bioasesoría Internacional (BISA). Belén, Heredia, Costa Rica. franbad@sol.racsa.co.cr

La amplia distribución de la caña en el país, la variedad de microclimas donde es plantada, su forma usual de producción, como monocultivo de larga duración permite el establecimiento de gran cantidad de especies de insectos en diferentes estados fenológicos. Esto ocasiona que desde las etapas iniciales de su crecimiento, las raíces pueden ser severamente afectadas por larvas del género *Phyllophaga*, las cuales afectan la germinación o causan discontinuidad de las cepas en los surcos de siembra. En el tallo se presentan ataques de taladradores y escarabajos; mientras que el follaje es afectado por varias especies, destacándose aquellas que afectan la conducción de los haces vasculares, lo cual provoca que las hojas se sequen (Badilla *et al.* 1991). Las principales plagas que afectan el cultivo en su sistema radicular son: coleópteros de la familia Scarabaeidae representados por los géneros *Phyllophaga*, *Anomala*, y *Cyclocephala*, termitas del orden Isoptera, gusanos alambre o elatéridos del género *Agriotis* y escamas de la familia Margarodidae.

Algunos de los insectos plaga que afectan los tallos de la caña de azúcar son los taladradores del género *Diatraea* siendo *D. tabernella* y *D. saccharalis* los de mayor importancia, seguidos por *D. guatemalaella*. Otras especies que también afectan el tallo son el taladrador mayor (*Castnia licoides*) y el taladrador menor (*Elasmopalpus lignosellus*); así como el picudo *Metamasius hemipterus* y las escamas *Saccharicoccus sacchari*.

Badilla (1994) señala que el follaje de este cultivo es afectado por gran cantidad de insectos chupadores y masticadores de las familias Cercopidae (*Aeneolamia varia*, *Prosapia* spp., *Delassor notatus* y *Zulia vilior*); Delfacidae (*Sacharosydne saccharivora* y *P. sacharicida*); Aphididae (*Sipha flava*, *Melanaphis sacchari*) y Locustidae (*Schistocerca piceifrons piceifrons* y *S. pallens*).

Debido a los severos ataques causados por *D. tabernella* en la Hacienda Juan Viñas, Jiménez, Cartago, la Liga Agrícola Industrial de la Caña Azúcar (LAICA), mediante su programa DIECA y en convenio con el Ministerio de Agricultura y Ganadería creó el Programa de Entomología en 1984. A partir de ese año se iniciaron los trabajos básicos de clasificación taxonómica, distribución y dinámica poblacional de las principales especies plagas presentes en el país, con lo cual se creó formalmente un programa de control biológico de plagas de caña de azúcar.

Programa de control biológico de los taladradores

El primer programa de control biológico implementado por DIECA fue el de *Diatraea* spp., por las cuantiosas pérdidas que este taladrador ocasiona tanto en condiciones de campo como en la fábrica (Ruiz *et al.* 1968, Nakano *et al.* 1981, Terán 1982, Badilla y Solís 1984). En el continente americano, *D. saccharalis* genera pérdidas en la fase inicial y final del cultivo (Pemberton y Williams 1969), ya que causa daños indirectos y directos en su estado larval, porque construye galerías en los tallos y provoca la muerte del meristema apical, daño conocido como corazón muerto. También hacen galerías transversales en los tallos, causando el volcamiento de las cañas, lo cual induce la formación de brotes laterales y la pérdida de acumulación de azúcares en el tallo. Los daños indirectos son considerables, ya que por los orificios y galerías horizontales penetran otras plagas insectiles y hongos saprófitos.

Los hongos *Colletotrichum falcatum* y *Fusarium moniliforme*, causan la pudrición roja, enfermedad responsable de la inversión de la sacarosa, debido a que se disminuye la pureza del caldo provocando menor rendimiento en azúcar y alcohol (Badilla *et al.* 1991).

En diversos países de América, el control biológico de *D. saccharalis* se realiza mediante microhimenópteros provenientes de distintos continentes (Box 1947, Bennett 1969), así como moscas taquínidas nativas (Scaramuzza 1946, Risco 1954, Guagliumi 1962). En países del Caribe, algunos esfuerzos tuvieron éxito (Simmonds 1955, Miskimen 1962). En Barbados el control biológico demoró muchos años, y la introducción de parasitoides disminuyó en 10% el número de entrenudos afectados (Allan 1980). Por otra parte, en Louisiana, Estados Unidos, algunos especialistas iniciaron el control químico motivados aparentemente por el fracaso de las introducciones de enemigos naturales y por el éxito de los insecticidas para el combate de plagas en otros cultivos (Hensley *et al.* 1968). En Florida, Rice (1981) evaluó la utilización sistemática de insecticidas, tratando de conservar a los parasitoides *Apanteles* spp. y *Agathis* spp. logrando el control de la plaga. Sin embargo, esta estrategia de control no puede ser empleada en los países tropicales de América debido a la presencia de generaciones superpuestas, lo cual obligaría a realizar gran cantidad de aplicaciones de insecticidas por ciclo de cultivo.

Fernández (1960) encontró que las especies de *Diatraea* eran las de mayor importancia económica en

Costa Rica, las cuales oscilaban entre 54 y 61% en la población de insectos plaga. Badilla y Solís (1984) determinaron que *D. tabernella* era la especie más importante y de mayor distribución, seguida de *D. saccharalis* y *D. guatemalaella*. El control químico de esta plaga en Costa Rica no es viable por el elevado costo y número de generaciones de la plaga por año (4-5 generaciones en cañas anuales y más de 8 en cañas bianuales); las cuales además se encuentran superpuestas. Por tanto, se requerirían de cinco a seis aplicaciones de insecticidas, siempre y cuando se programen las aplicaciones de acuerdo a la emergencia de las larvas, algo poco probable en las condiciones del trópico (Badilla et al. 1991).

Un estudio de los enemigos nativos de *Diatraea* reveló un porcentaje bajo de parasitismo natural, el cual no ejercía un control económico de la plaga (Badilla y Solís 1986). Debido a esta situación y al daño que estaba ocasionando la plaga, DIECA importó del Brasil las moscas taquínidas *Paratheresia claripalpis*, *Metagonistylum (Lydella) minense* y el braconido *Cotesia (Apanteles) flavipes*. Este último parasitoide es originario de la India y se presenta en forma endémica en el sureste de Asia y en Australia, parasitando barrenadores del tallo de las familias Pyralidae y Noctuidae (Glifford y Mann 1967). Según Benett (1977), el ciclo de vida de *C. flavipes* es de 16 a 25 días, lo cual representa una ventaja sobre los taquínidos, cuyo ciclo de vida y periodo de preoviposición es mayor.

Este programa de control biológico se inició como respuesta a las inquietudes de productores e industriales de caña con los objetivos de identificar las especies del género *Diatraea* en las diferentes zonas cañeras del país, clasificar los enemigos naturales y evaluar su potencial en el control biológico, así como estudiar la dinámica poblacional de los adultos de la plaga, instalar un laboratorio para la reproducción de los parasitoides *C. flavipes*, *P. claripalpis* y *L. minense* y determinar la relación costo-beneficio del programa.

Metodología de trabajo. Para iniciar este programa, en julio de 1984 se importaron de Brasil 105 puparios de *C. flavipes*, 40 de *P. claripalpis* y 20 de *L. minense*, los cuales fueron multiplicados inicialmente en *D. tabernella* y posteriormente en *D. saccharalis*. Para determinar el daño de los taladradores, se realizó un muestreo en todo el país, utilizando dos variables: la infestación (I) o sea el porcentaje de cañas perforadas por los taladradores y la intensidad de infestación (II), como el porcentaje de entrenudos perforados. Para el

cálculo de estos dos índices se utilizan las siguientes fórmulas.

$$I = \frac{\text{N}^\circ \text{ de cañas barrenadas}}{\text{Total de cañas}} \times 100$$

$$II = \frac{\text{N}^\circ \text{ de entrenudos barrenados}}{\text{Total de entrenudos}} \times 100$$

El estudio se realizó en cinco regiones cañeras del país y en tres localidades por región, para lo cual se seleccionaron las fincas de ingenios o agricultores particulares más representativas en la zona alta, media y baja de cada localidad. Las zonas y localidades estudiadas fueron: Valle Central (Ingenio Ojo de Agua, Cooperativa Victoria y Hacienda La Argentina); San Carlos (Ingenio Santa Fe e Ingenio Quebrada Azul, parte baja) Zona Atlántica (Haciendas Juan Viñas, Atirro y localidad de Guayabo); Pérez Zeledón (CoopeAgri El General, Quizarrá y Buenos Aires); Guanacaste (Ingenios Taboga y El Viejo) y el Ingenio El Palmar en Puntarenas.

En cada localidad se realizó un recuento mensual durante 10 meses en caña anual y 20 meses en caña bianual. Se evaluó el número de "corazones muertos" (amarillamiento de las hojas centrales por muerte del meristemo apical) en cañas sin entrenudos, así como la intensidad de infestación en cañas con entrenudos. Para ello, las cañas se clasificaron en categorías de acuerdo a la edad (en meses). Las anuales en 1- 4, 5 - 7 y 8-12; y las bianuales en seis categorías. Las tres primeras correspondientes a las anuales, más tres adicionales: 13-16, 17-20 y 21-24 meses.

En todos los casos se tomaron cinco puntos de muestreo de 5 m lineales (en el mismo surco). Los cinco puntos se distribuyeron en los cuatro extremos y en el centro del lote muestreado. Se realizaron tres puntos de muestreo hasta 10 ha (15 m de surco hasta 10 ha). En lotes superiores a 10 ha se conservó la misma unidad de muestreo dependiendo del área correspondiente al lote. En cada punto se cuantificaron los tallos sanos y dañados (corazón muerto) para calcular la infestación. Después se contabilizaron todas las cañas con entrenudos, se deshojaron, se eliminó el cogollo y se contabilizaron las cañas dañadas y las cañas sanas. Los entrenudos de cada tallo se clasificaron como perforados y sanos. Los tallos con perforaciones se

abrieron longitudinalmente, para determinar la extensión interna del número de entrenudos perforados y el daño causado por el hongo *C. falcatum*; el cual penetra por las perforaciones realizadas por *Diatraea* spp. Con esos datos se determinó el porcentaje de infestación y de intensidad de infestación en cada una de las regiones del país.

Durante el muestreo se recolectaron larvas y parasitoides en el campo. Para determinar el porcentaje de parasitismo natural en cada una de las regiones, así como la especie de parasitoide asociado, las larvas se llevaron al laboratorio donde se colocaron en cajas individuales que contenían trozos de caña de azúcar. Este material también se utilizó para iniciar el pie de cría de *D. tabernella* y posteriormente la de *D. saccharalis*, como hospedantes para la producción artificial de parasitoides. Simultáneamente a los muestreos, se determinó la infestación y la intensidad de infestación en los frentes de corte (al momento de la zafra) de los lugares muestreados. Para esto se tomaron al azar 50 cañas/ha. Se determinaron los lugares con los niveles más altos de daño (intensidad e infestación) para iniciar la liberación de parasitoides producidos en el laboratorio. La metodología de cría utilizada fue la propuesta por Badilla y Solís (1984).

Inicialmente, en el laboratorio se reprodujeron *P. claripalpis*, *L. minense* y *C. flavipes*. Pero debido a la mejor adaptación en el campo y la facilidad de manejo en el laboratorio, se decidió continuar produciendo únicamente *C. flavipes*. También se observó que *D. saccharalis* era mejor hospedante para ese parasitoide, por lo cual únicamente se continuó utilizando esta especie para la reproducción del parasitoide.

La metodología de liberación de los parasitoides se realizó según la técnica propuesta por Badilla *et al.* (1991). El umbral económico utilizado consistió en hacer las liberaciones de *C. flavipes* (6000 individuos/ha) cuando se recolectaban 10 larvas de tercer instar por hora hombre de recolección. Posteriormente, se modificó, según la densidad larval/ha, de acuerdo a la metodología propuesta por Badilla y Alfaro (1994). Se realizó un máximo de tres liberaciones en cañas anuales (3, 6 y 8 meses de edad) y en cañas bianuales (3, 6 y 14 meses), siguiendo el mismo criterio. Para determinar el porcentaje de parasitismo se realizaron muestreos a los 15 días, al mes siguiente y a los dos meses después de cada liberación, así como un cuarto muestreo entre los 8 y 9 meses en caña anual y 16-18 meses en caña bianual.

Para esto se recolectaron al azar tallos con perfo-

raciones, los cuales se abrían longitudinalmente para determinar el número de puparios de *C. flavipes*, moscas nativas y otros parasitoides o entomopatógenos. El parasitismo de campo se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Parasitismo} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de formas biológicas del parasitoide}}{\text{N}^\circ \text{ de formas biológicas del parasitoide} + \text{plaga}} \times 100$$

Para evaluar la eficiencia de este parasitoide se realizó un trabajo en la Hacienda Juan Viñas, Jiménez, Cartago, a 1450 msnm y con una precipitación anual de 4200 mm. Para esto se estudió la correlación entre el parasitismo obtenido en el campo y el nivel de daño ocasionado por la plaga, valorado por los parámetros infestación e intensidad de infestación durante seis años. Se muestrearon 3751 ha (129 490 cañas) en las diferentes variedades comerciales plantadas en esta finca. También se determinó el parasitismo de *C. flavipes* en los lotes donde se había liberado esta especie durante ese mismo periodo. Como complemento a estos estudios se realizaron trabajos para determinar el tamaño ideal de muestra/ha, cuantificar niveles de daño, determinación del factor de pérdida a nivel de fábrica causados por *D. tabernella*, metodologías de liberación y cuantificación del parasitismo producido por *C. flavipes*. Además se desarrollaron técnicas de mejoramiento de la producción de *C. flavipes* en condiciones de laboratorio y comparación de cuatro dietas artificiales para la cría en laboratorio de *D. saccharalis* (Solís y Badilla 1994, Chan *et al.* 1991, Valverde *et al.* 1991, Badilla y Alfaro 1994).

Resultados obtenidos. Los resultados de infestación e intensidad de infestación mostraron que las regiones más afectadas por *Diatraea* spp. fueron la parte alta del Ingenio Santa Fe y Las Haciendas Ojo de Agua y Juan Viñas. Las localidades de Grecia (Cooperativa Victoria y algunas fincas del Ingenio La Argentina) presentaron ataques superiores al 2% de intensidad de infestación, nivel establecido como umbral económico.

En 1992 se observaron ataques de importancia en la región de San Ramón y en el Ingenio Cutris en San Carlos. Los porcentajes de intensidad de infestación más altos se presentaron en cañas de 8-12 meses. Las especies del barrenador encontradas fueron: *D. tabernella*, *D. guatemallella* y por primera vez *D. saccharalis* como

plaga de importancia agrícola en el cultivo.

Fernández (1960) señaló que según comunicación personal de Harold Box en 1956, *D. saccharalis* era sumamente rara en Costa Rica, siendo una hembra el único ejemplar preservado en el museo de París, recolectada a finales del siglo XIX. Sin embargo, Badilla y Solís (1984) encontraron que esta especie era la más importante en Ojo de Agua y Grecia. La especie de mayor distribución e importancia en el país fue *D. tabernella*, lo cual coincide con lo informado por Fernández (1960). *D. saccharalis* es la segunda en importancia y *D. guatemalaella* se restringió a la región de San Isidro de El General y en menor grado al Valle Central y Guanacaste.

Se determinó además que existen algunas variedades de caña de azúcar que son más susceptibles a esta plaga, como la Pindar, H-32856, H-564848, B-4744 y la Q-68; mientras las variedades H-54775, H-443098 y la B-50377 mostraron mayor tolerancia. Es importante destacar que las variedades de caña de azúcar que presentaron mayor porcentaje de daño poseían los menores porcentajes de fibra. Esto demuestra que el contenido de fibra funciona como una barrera física en la penetración de la larva en los tallos.

En el periodo de 1985 a 1995, se liberaron 146846000 adultos de *C. flavipes* en una área de 10 738 ha. La relación macho:hembra de esta especie en condiciones naturales es de 1:1 y por tanto, en las liberaciones se siguió esta relación. Para 1995 se encontró un parasitismo promedio máximo de 74,9%, con un promedio ponderado de 42,4% en las diferentes regiones cañeras del país.

Para evaluar la eficiencia de *C. flavipes* se realizó

una investigación en la Hacienda Juan Viñas durante siete años, donde se determinó la infestación y la intensidad de infestación en los frentes de corte de cada año, así como el parasitismo obtenido por *C. flavipes*, el cual fue aumentando cada año hasta llegar a 50,4% en 1991 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Infestación e intensidad de infestación de *D. tabernella* y porcentaje de parasitismo por *C. flavipes* en la Hacienda Juan Viñas, Cartago entre 1985 y 1991.

Año	Infestación	Intensidad de infestación	Parasitismo (%)
1985	48,13	6,50	5,2
1986	39,30	5,70	21,3
1987	19,10	2,14	50,4
1988	33,20	3,91	47,3
1989	23,40	2,24	42,8
1990	25,50	2,25	41,9
1991	27,70	2,36	50,4

Se encontró una correlación negativa ($r = -0,91^{**}$) entre el parasitismo y la intensidad de infestación y entre el parasitismo y la infestación ($r = -0,89^{**}$). El modelo que mejor explica los resultados de intensidad de infestación fue el cuadrático ($R^2 = 0,8272$) (Fig.1).

A medida que se incrementó el porcentaje de control por *C. flavipes* se disminuyó el porcentaje de entrenudos perforados, lo cual demuestra que ese parasitoide fue el responsable de la disminución de los daños de *D. tabernella* en esta Hacienda. También se determinó que la intensidad de infestación es más consistente que el criterio de infestación para correlacionar los daños de la caña y el parasitismo a nivel de

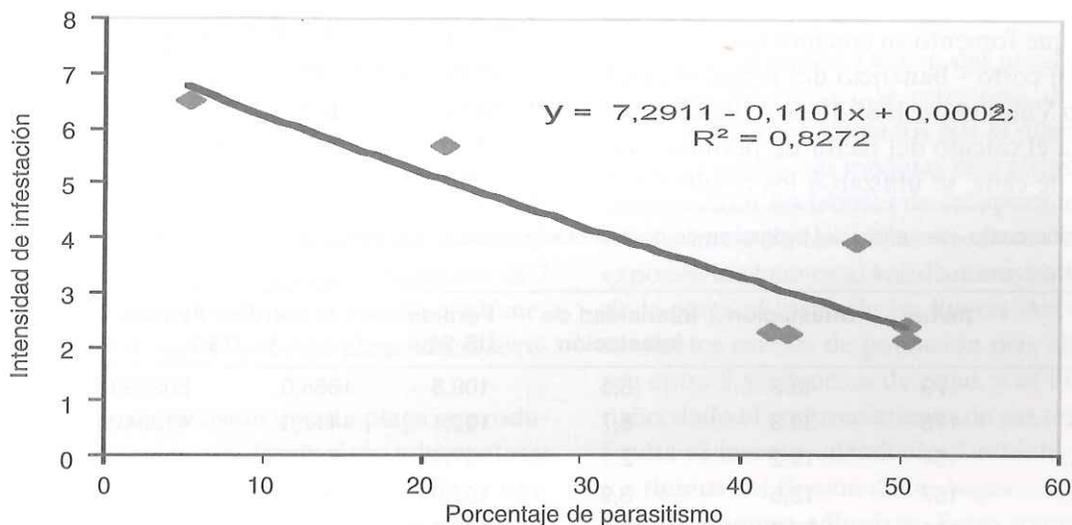


Figura 1. Correlación entre el porcentaje de parasitismo y la intensidad de infestación en la Hacienda Juan Viñas, Cartago entre 1985 y 1991.

campo (Badilla *et al.* 1991). Esto obedece a que la intensidad de infestación, que corresponde al porcentaje de entrenudos perforados, se realiza abriendo longitudinalmente las cañas, con lo cual los daños de los barrenadores se muestran en toda su magnitud, dado que a este daño se asocian otros organismos patógenos secundarios como hongos y bacterias que causan daños en los entrenudos siguientes. Mientras el índice de infestación solamente determina el porcentaje de cañas perforadas porque no incluye el abrir las cañas.

En el primer año del programa, tanto el parasitismo natural como el ocasionado por *C. flavipes* presentaban valores semejantes (4,9 y 5,2, respectivamente). El parasitismo natural encontrado en la Hacienda Juan Viñas y en las otras regiones del país está representado por las siguientes especies: *Paratheresia claripalpis* (Diptera: Tachinidae) la especie más abundante, *Agathis* spp., *Ipobracon* spp. (Hymenoptera: Braconidae), *Apanteles diatraea* (Hymenoptera: Braconidae), *Spilochalcis dux* (Hymenoptera: Calcidae). También se encontraron larvas parasitadas por nematodos, baculovirus y por los hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* y *Akanthomyces* spp.

Después de siete años de liberaciones de *C. flavipes* se observó que el porcentaje de parasitismo natural se mantuvo prácticamente constante, mientras que el de éste último parasitoide se incrementó en 614% con respecto al primer año de las liberaciones (Badilla *et al.* 1991). Este parasitoide no desplazó a los nativos, sino que pasó a formar parte de la fauna benéfica, siendo en la actualidad el factor de control más importante de esta plaga. La no competencia entre *C. flavipes* y los otros parasitoides nativos se debió a la abundancia de la plaga que no obligó a las especies a competir sino que fomentó su crecimiento.

La relación costo - beneficio del programa en la Hacienda Juan Viñas entre 1985-1989, se detalla en el Cuadro 2. Para el cálculo del factor de pérdida en kg de azúcar/t m de caña, se utilizaron los resultados de

Alpízar (1983), el cual encontró que por cada 1% de intensidad de infestación de entrenudos perforados por *D. tabernella* en la variedad H 57-5174, se perdían 1996 kg de azúcar por tonelada de caña.

Con base en este estudio, se estimó que entre 1984-1985, se dejaron de percibir en la zafra 1665 de azúcar a causa de este taladrador. Este valor representó 14,7 % del azúcar producido por la Hacienda Juan Viñas en esta zafra. Mientras que en la zafra 1988-1989 la pérdida de azúcar por la plaga fue de 464,4 (4,9 % de la producción). De acuerdo a estos valores se obtuvo una recuperación del 9,8% del azúcar total producido como resultado de la implementación del programa del control biológico de *Diatraea*. Desde el punto de vista económico en la Hacienda Juan Viñas se recuperaron US\$ 992 000 por la disminución de los entrenudos perforados de 6,5 a 2,2 y el aumento del parasitismo de 5, 2 a 42,8%. El costo del programa para DIECA por la producción del parasitoide, transporte y evaluaciones de parasitismo fue de \$60761,60 (\$ 40,2/ha, con tres liberaciones de 6000 adultos/ha cada una). La Hacienda Juan Viñas invirtió en mano de obra \$ 5831,10 (\$ 2,9/ha). El costo del programa fue de \$ 66 592,70 con una recuperación líquida de \$ 925 408,10, para una relación costo-beneficio de 1:15. El costo-beneficio para La Hacienda Juan Viñas fue de 1:170.

Los resultados de este estudio demostraron la eficiencia del control biológico utilizando este parasitoide. Con el modelo matemático para la intensidad de infestación (Fig. 1), el análisis propuesto en el Cuadro 2 y el porcentaje promedio de parasitismo de *C. flavipes* en 12 años de programa, se estima que en el país se obtuvo una recuperación de US\$2 055 519,6 en las 10737,5 ha donde se desarrolló el programa. DIECA invirtió \$ 290 661,65 para una recuperación de US\$ 1764857,95; lo cual equivale a una relación costo-beneficio de 1: 7.

Estos resultados demuestran que el control biológico de *D. tabernella*, *D. guatemalaella* y *D. saccharalis*

Cuadro 2. Relación costo - beneficio del programa de control biológico de *D. tabernella* en la Hacienda Juan Viñas, Cartago entre 1985-1989.

Año	ha	tm/ha	Infestación	Intensidad de infestación	Pérdida US \$/ha	Pérdida Azúcar t US \$	Recuperación Periodo US(\$)
1985	717	179	48,3	6,5	109,3	1665,0	509393
1986	720	178	39,3	5,7	100,4	1417,0	412042
1987	758	154	19,2	2,2	97,4	512,6	62424
1988	709	157	13,5	3,9	107,9	866,5	298354
1989	641	165	23,5	2,2	122,5	464,4	172749
Total						992000	

puede realizarse en forma sostenible mediante liberaciones de *C. flavipes* y sin utilizar insecticidas; evitando la contaminación y el desarrollo de resistencia por parte de la plaga.

Programa de manejo integrado de *Aeneolamia* spp. y *Prosapia* spp.

Una de las razones del incremento de las poblaciones de insectos en un determinado cultivo es el desequilibrio en su hábitat natural. Un ejemplo en Costa Rica fue el problema denominado "salivazo", el cual agrupa varias especies de los géneros *Aeneolamia* y *Prosapia*. En la región de San Carlos, al iniciarse la plantación masivas de cítricos en el año 1988, se produjo un desequilibrio en estas especies de insectos, debido a que las pasturas que constituyen su hospedante natural fueron eliminadas mediante el uso de herbicidas para dedicarlas al cultivo de cítricos. Esto ocasionó la migración de los adultos de esas plagas al cultivo de la caña de azúcar, en el cual se establecieron provocando grandes daños, porque al no ser este cultivo su hospedante natural, requieren alimentarse en grandes cantidades para mantener su población. Otro de los factores que influyeron en el rápido crecimiento de la población de estas especies fueron los suelos anegados que imperan en el cultivo de caña de azúcar en esta región, durante la época lluviosa; además de los niveles altos de nitrógeno disponibles en las hojas, con lo cual la tasa reproductiva del insecto se incrementa.

Las especies predominantes en esta región son *Aeneolamia postica*, *A. albofasciata*, *Prosapia bicincta* y *P. simulans* (Thompson 1995). De estas especies, las del género *Aeneolamia* son las más importantes en el cultivo de la caña de azúcar. Estos organismos tienen en común el hábito de colocar los huevos al final de la época lluviosa, los cuales entran en estado de diapausa, que se prolonga durante los meses de verano. La emergencia de las ninfas ocurre entre mayo y setiembre, fenómeno descrito como diapausa corta, media y larga (Guagliumi 1962). Este comportamiento ocasiona que las generaciones se superpongan en los meses lluviosos; por tanto, el control químico requeriría de 7 a 10 aplicaciones por año, situación común en Venezuela y Trinidad-Tobago, donde esta plaga causa severos daños.

El mecanismo de invasión de esta plaga se produce principalmente en los canales de riego adyacentes y los lotes baldíos, donde hay predominancia de gramíneas. De esta forma, se generan los focos primarios con lo cual se establece la plaga en el cultivo. Parale-

lamente, se producen las primeras emergencias de ninfas dentro del cultivo, con el inicio de las lluvias, con lo cual da origen al primer pico generacional de adultos, que ocurre entre 22 y 30 días después. En la región de San Carlos y Guanacaste, donde se presentan los mayores ataques de esta plaga, se producen entre cuatro y cinco generaciones al año, entre los meses de mayo y octubre.

Los adultos de estas plagas se alimentan de savia de las láminas foliares de la caña, provocando una fitotoxemia por la inoculación de enzimas aminolíticas y oxidantes. El estado patológico se manifiesta a los pocos días del ataque, con la aparición de manchas lineales cloróticas, las cuales paulatinamente se tornan amarillas y luego necróticas. Consecuentemente, disminuye la capacidad fotosintética, lo cual causa una reducción en el proceso formativo de la sacarosa y por consiguiente cuantiosas pérdidas (Badilla y Saénz 1994).

Para el manejo de esta plaga se han utilizado varias estrategias de control tales como: prácticas culturales, uso de trampas adhesivas, control biológico y control químico (Guagliumi 1973, Alves 1982, Badilla *et al.* 1996, Wraight y Roberts 1987, Salazar y Badilla 1994, Ferron 1988). Como parte de un programa de manejo sostenible de las principales plagas del cultivo, el Programa de Entomología de DIECA propuso una estrategia de manejo de esta plaga a nivel nacional, basado en la programación temprana del corte de los lotes afectados, el avenamiento de suelos anegados e implementación de prácticas culturales (desaporque y aporque) con el objeto de controlar la fase de huevo, el control de plantas hospedantes, la utilización de trampas adhesivas y el empleo de *M. anisopliae* para el control de adultos y ninfas de la plaga (Badilla 1994).

Prácticas culturales. Dentro del programa de manejo integrado propuesto, la estrategia de programar el corte de los lotes afectados por la plaga al inicio de la zafra fue una de las medidas más eficaces porque permitió realizar las labores de desaporque y aporque antes del inicio de las lluvias. Mediante esta práctica se exponen los huevos al sol, disminuyendo así la presión de la plaga al inicio de las lluvias. Así cuando se presentan los niveles de población más altos, la caña posee entre 9 y 10 meses de edad, y es más resistente al daño, dado el endurecimiento de sus tejidos, lo cual dificulta al insecto introducir el estilete para succionar los fluidos del floema de las hojas.

Uso de trampas adhesivas. Estas trampas son uno de los soportes para el manejo de esta plaga porque per-

miten la sustitución de insecticidas. Se utilizaron entre 25 y 75 trampas/ha (amarillo intenso de 80 x 60 cm con 570-580 nanómetros de longitud de onda). Como adhesivo se emplearon ceras de petróleo, las cuales se diluyen con gasolina en una proporción equivalente a una parte del adherente por 1,5 partes de ese hidrocarburo. Sin embargo, cabe destacar que en Guatemala se determinó que el adhesivo BIOTRAP es el producto empleado en este tipo de trampas que logra la mejor relación costo - beneficio (Badilla *et al.* 1997a). Además se encontró que las bolsas verdes (550 nanómetros de longitud de onda), son más eficientes para la captura de las especies de *A. postica* y *A. albofasciata*, las cuales están presentes también en Costa Rica (Badilla *et al.* 1997b).

Control biológico. Para la reproducción de *M. anisopliae* se construyó un laboratorio de producción de hongos entomopatógenos en la Estación Experimental de DIECA, en Santa Gertrudis Sur, Grecia. La dosis utilizada fue de 2,5 a 5,0 x 10¹² conidios del hongo/ha. Durante ocho años (1989-1996) se aplicaron 3 246 kilos (3,25 x 10¹⁶ conidios) en 9106 ha, obteniendo parasitismos entre 5 y 70%, dependiendo de la región y del aislamiento utilizado (Badilla *et al.* 1994, Saénz *et al.* 1997). Se emplearon dos aislamientos de este hongo; uno proveniente de Brasil (PL-43) en la zona Pacífica del país (Guanacaste y Puntarenas) y el aislamiento nativo DIECA-0391, obtenido de insectos recolectados en la región de San Carlos.

La implementación de este programa disminuyó significativamente el empleo de insecticidas en las áreas donde la plaga causa daños, permitiendo mantener un equilibrio en las poblaciones de depredadores que controlan esta plaga; tales como las arañas de la familia Salticidae, y la tijerilla *Doru* spp., Dermaptera, y la mosca depredadora de ninfas *Salpingogaster nigra*, de la familia Syrphidae, principal regulador de ninfas. En este proyecto participan activamente pequeños, medianos y grandes productores de caña y para lograr su éxito es fundamental el empleo conjunto de las estrategias mencionadas.

Otras plagas

Otras plagas importantes de la caña de azúcar, además de los taladradores y de los cercópodos, sobre los cuales se realizaron investigaciones para la búsqueda de alternativas al control químico, fueron las siguientes: larvas de la familia Scarabaeidae, representados por los géneros *Phyllophaga*, *Anomala* y *Cyclocephala*, dentro de

los cuales las especies más importantes son: *Phyllophaga elenans*; *P. vicina* y *P. menetriesi*; el picudo rayado (*Metamasius hemipterus*), el taladrador gigante (*C. licoides*), el taladrador menor (*Elasmopalpus lignosellus*), el saltahoja *Sacharosydne saccharivora*, el defoliador *Mocis latipes*, el complejo de cortadores del género *Spodoptera* y las langostas *Schistocerca piceifrons* y *S. palens*.

Algunos de los resultados más exitosos se obtuvieron con el uso de *M. anisopliae* y *B. bassiana* para el control de *M. hemipterus*, *C. licoides* y *Schistocerca* spp., tanto en laboratorio como en campo, así como el uso de *Bacillus thuringiensis* para el control de *M. latipes* y larvas del género *Spodoptera*, principalmente, *S. sunia* (Badilla 1994). Para el control del saltahoja *S. saccharivora* se realizaron aplicaciones comerciales de *M. anisopliae*; sin embargo, es necesario seleccionar aislamientos más patogénicos y virulentos para su uso a escala comercial, ya que no se obtuvo resultados muy exitosos, a pesar de que a nivel de campo se han encontrado epizootias provocadas por esta especie de entomopatógeno.

Para el control del taladrador menor *E. lignosellus*, la alternativa más viable es el empleo del riego, ya que la larva de esta plaga hace un túnel en la base del tallo con partículas de tierra, con lo cual se protege de las altas temperaturas. El empleo del agua de riego ahoga muchas larvas. Además la humedad estimula la aparición de bacterias y protozoarios entomopatógenos que regulan las poblaciones de esta plaga. Otras alternativas de control como el empleo de feromonas y captura manual, así como la aplicación de prácticas de cultivo (como el paso de una rastra sin ángulo de ataque sobre las cepas 15 días después de del corte del cultivo), han demostrado ser las más viables. Finalmente, donde la plaga es un serio problema no es recomendable quemar los rastrojos de cosecha pues las kairomonas que se producen estimulan la cópula de la especie (Badilla 1997).

El picudo *M. hemipterus* es una plaga con gran poder destructivo. Las larvas se alimentan de los tallos molederos, así como de los esquejes que se utilizan como semilla, causando en el primer caso pérdidas en la fábrica por la inversión de la sacarosa. En el segundo caso se producen fallas en la germinación al destruir las reservas de alimento de las yemas. Como estrategia de control se utilizaron trozos de caña de bambú impregnados con *B. bassiana* (aislamiento 447) logrando una mortalidad del 85%, a nivel de campo, según lo propuesto por Badilla y Alves (1991). Este sistema de control permite el desarrollo de epizootias, ya

que los insectos entran en contacto con altas concentraciones del hongo, el cual permanece viable en los trozos de caña alrededor de 15 días, y los insectos que se alimentan posteriormente contaminan a otros mediante la cópula.

Las larvas de *Phyllophaga* causan pérdidas cuantiosas ya que destruyen el sistema radicular de la caña de azúcar, provocando amarillamiento, crecimiento raquítrico y acame de las plantas (Watve *et al.* 1981). Para su control se desarrolló una estrategia basada en prácticas culturales que incluyen la remoción de lotes severamente afectados, un pase de rastra de vertederas, la exposición al sol por un espacio de 15 a 20 días, un nuevo pase de rastra y una nueva exposición por 15 días antes de sembrar. Esta estrategia pretende exponer las larvas al sol, así como a la acción depredadora de las aves (Badilla 1995).

Como complemento a estas prácticas se realizó un programa de trampeo masivo de adultos, mediante trampas de luz. Esta estrategia fue evaluada en los Ingenios del Pacífico y de la zona sur del país, principalmente la Central Azucarera del Tempisque (CATSA), en donde se realizaron los trabajos básicos de control (Badilla *et al.* 1999). El método es promisorio para la recolección de adultos, obteniéndose un promedio de 2 648 adultos/trampa en 1993 y 2 105 en 1994. Este último año se recolectaron hasta 27 000 adultos/trampa en una noche (Badilla 1995). Simultáneamente, a estos trabajos se inició un proyecto para el control biológico de larvas utilizando agentes de control microbiano, principalmente *M. anisopliae* y *B. bassiana*.

Conclusiones y recomendaciones

El manejo integrado de las plagas de la caña de azúcar debe hacerse de manera planificada, para lo cual es necesario conocer la dinámica poblacional y la biología de las plagas primarias y secundarias, para evitar que alguna medida afecte los enemigos naturales de estas plagas. Otro aspecto a considerar es la capacidad de recuperación del cultivo, para lo cual se requiere conocer el umbral económico para cada una de las plagas. También es importante evaluar a nivel de laboratorio los diferentes agentes potenciales de control biológico, antes de iniciar un programa masivo debido a la alta especificidad en parasitoides y agentes entomopatógenos.

Después de doce años de programa, la situación de las plagas insectiles de este cultivo en Costa Rica es bastante estable, debido a que las estrategias realizadas con el objetivo de lograr el equilibrio ecológico en los cañales, han sido eficientes. La introducción de *C. flavipes* fue exitosa, logrando parasitar las tres especies de taladrador existentes en el país, así como adaptarse a las diferentes regiones ecológicas. El uso de *M. anisopliae* requiere más evaluaciones básicas para obtener mayores beneficios de su uso. *B. bassiana* mostró muy buen potencial para el control de *M. hemipterus*, *C. licoides*, especies de langostas y plagas del suelo; sin embargo, es necesario continuar trabajando en la búsqueda de aislamientos más patogénicos y virulentos, así como en formulaciones más estables.

La implementación del programa de manejo integrado de plagas insectiles de la caña de azúcar, permitió que este cultivo se convirtiera en uno de los que menos insecticidas sintéticos utilizan, lo cual es muy satisfactorio, sobre todo por tratarse de un cultivo extensivo en muchas regiones del país.

Es necesario continuar las investigaciones básicas para la búsqueda de estrategias de control de plagas como *E. lignosellus* y *P. menetriesi* mediante feromonas y prácticas culturales, hongos y bacterias entomopatógenas; así como la implementación de un programa de selección de aislamientos de hongos entomopatógenos para el control de *S. saccharivora*. Es necesario desarrollar modelos de predicción de las poblaciones de los cercópidos, a partir del conocimiento de las poblaciones de huevos para lograr un mejor control de estas plagas. También es fundamental el estudio de umbrales económicos de los defoladores, cortadores y cercópidos, para reducir la presión de uso de insecticidas.

Agradecimientos

A la Dirección de Investigación de la Caña de Azúcar (DIECA) por las facilidades ofrecidas para el desarrollo de este trabajo. A los compañeros del Programa de Entomología por su valioso trabajo en la producción de parasitoides y entomopatógenos, así como al Tec. Daniel Alfaro e Ing. Carlos Sáenz y demás compañeros de las regiones por los trabajos de campo realizados. También a todos los técnicos de los ingenios del país, sin los cuales el éxito de este programa no habría sido posible. Un reconocimiento especial a los plagueros de los ingenios en los cuales se ha implementado este programa por su valioso trabajo, el cual ha sido fundamental para obtener el éxito alcanzado.

Literatura citada

- Allam, MM. 1980. Biological and ecological factors affecting populations of sugar cane moth borer *Diatraea saccharalis* (Lep.:Pyralidae) in Barbados. *Entomophaga* 25(4): 401-414.
- Alpizar, A. 1983. Evaluación de la incidencia y el daño de los taladradores en tres variedades de caña de azúcar. Práctica de Graduación. San Carlos, Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede de San Carlos. 69 p.
- Alves, SB. 1982. Caracterização, padronização e produção do *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. Tese. Piracicaba, Brasil, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. 95 p.
- Badilla, F; Solís, I. 1984. Programa de control biológico del taladrador de la caña de azúcar *Diatraea* spp. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar. Boletín Informativo no. 18. 4 p.
- Badilla, F; Solís, I. 1986. Avaliação sobre resultados obtidos no programa de controle biológico da broca da cana-de-açúcar *Diatraea* spp. na Costa Rica. In Congresso Brasileiro de Entomologia (10, 1986, Rio de Janeiro, Brasil). Resumos. p. 21.
- Badilla, F; Solís, I; Alfaro, D. 1991. Control biológico del taladrador de la caña de azúcar *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Pyralidae) en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 20-21:39-44.
- Badilla, F; Alves, SB. 1991. Controle do gorgulho da cana-de-açúcar *Sphenophorus levis* 1978 (Col.: Curculionidae) com *Beauveria* spp. em condições de laboratorio e campo. Anais da Sociedade Entomologica do Brasil 20 (2): 251-263.
- Badilla, F; Alfaro, D; Solís AI; Madriz, T; Salazar, JA. 1991. Utilización de modelos de regresión para determinar el comportamiento del parasitoide *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) en el control de *Diatraea tabernella* en la Hacienda Juan Viñas, Costa Rica. In Congreso de Tecnología Azucarera de Centroamérica (9, 1991, San José, Costa Rica). Resúmenes. p. 7.
- Badilla, F. 1994. Situación actual de las diferentes plagas insectiles en el cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica. In Simposio sobre Manejo Integrado de Plagas de la caña de azúcar en Costa Rica (1, 1994, San José, Costa Rica). Resúmenes. p. 19-20.
- Badilla, F; Alfaro, D. 1994. Metodología de liberación y cuantificación del parasitismo producido por *Cotesia flavipes*. In Simposio sobre Manejo Integrado de Plagas de la Caña de Azúcar en Costa Rica (1, 1994, San José, Costa Rica). Resúmenes. p. 6.
- Badilla, F; Sáenz, C. 1994. Utilización de trampas amarillas como criterio de muestreo de población de "salivazo" *Prosapia* spp. y *Aeneolamia postica*. In Simposio sobre Manejo Integrado de Plagas de la Caña de Azúcar en Costa Rica (1, 1994, San José, Costa Rica). Resúmenes. p. 10.
- Badilla, F; Solís, I; Alfaro, D. 1994. Resultados obtenidos en el control del taladrador de la caña de azúcar *Diatraea* spp. en las diferentes regiones de Costa Rica, con la utilización del parasitoide *Cotesia flavipes*. In Simposio sobre Manejo Integrado de Plagas de la Caña de Azúcar en Costa Rica (1, 1994, San José, Costa Rica). Resúmenes. p. 8.
- Badilla, F. 1995. Manejo integrado de jobotos *Phyllophaga* spp. (Scarabaeidae) en el cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 37: 26-33.
- Badilla, F; Toledo, JC; Barreno, C. 1996. Patogenicidad de *Metarhizium anisopliae* en adultos de la "chinche salivosa" *Aeneolamia albofasciata* y *Prosapia* spp. (Homoptera: Cercopidae) en caña de azúcar en Escuintla Guatemala. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 4: 39-44.
- Badilla, F. 1997. Plagas de importancia económica de la caña de azúcar en Latinoamérica y principales estrategias de control. In Congreso Costarricense de Entomología (4, 1997 San José, Costa Rica). Resúmenes. p. 77-79.
- Badilla, F; Azañón, V; Solares, E. 1997a. Evaluación de cuatro adherentes para el control de la "chinche salivosa" *Aeneolamia* sp. y *Prosapia* spp. (Homoptera :Cercopidae) en el Ingenio La Unión, Guatemala. In Congreso Costarricense de Entomología (4, 1997 San José, Costa Rica). Resúmenes. p.93.
- Badilla, F; Solares, E; Azañón, V. 1997 b. Evaluación de cinco colores de trampas para el control de adultos de las chinches salivosas *Aeneolamia* spp. y *Prosapia* spp. (Homoptera: Cercopidae) en el Ingenio La Unión, Guatemala. In Congreso Costarricense de Entomología (4, 1997 San José, Costa Rica). Resúmenes. p. 88.
- Badilla, F; Chacón, M; Saénz, M. 1999. Utilización de trampas de luz para el control de jobotos (*Phyllophaga* spp.) (Col: Scarabaeidae) en el cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 51: 59-65.
- Bennett, FD. 1969. Tachinid flies as biological control agents for sugarcane moth borer. In Williams, JR; Metcalfe, JR; Mungomery, RW; Mathes, R. Ed. Pest of Sugarcane. Elsevier. p. 117-148.
- Bennett, FD. 1977. Comparison of the reproductive state and certain other characteristics of *Apanteles* spp. and the tachinid parasites of *Diatraea saccharalis*. In Proceedings Congress of the International Society of Sugarcane Technologists (16, 1977). 16: 523-527.
- Box, HE. 1947. Informe preliminar sobre los taladradores de la caña de azúcar (*Diatraea* spp.) en Venezuela. Maracay, Ministerio de Agricultura y Cría. Boletín Técnico. 117 p.
- Chan, MI; Badilla, F; Fuentes, G. 1991. Comparación de cuatro dietas artificiales para la cría en laboratorio de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae). In Congreso de Tecnología Azucarera de Centroamérica (9, 1991, San José, Costa Rica). Resúmenes. p. 28.
- Chaves, MA. 1993. Antecedentes, situación actual y perspectivas de la agroindustria azucarera y alcoholera costarricense. In Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales (9, 1993, San José, Costa Rica). Resúmenes. p. 1-116.
- Fernández, JE. 1960. Estudio de los taladradores de la caña de azúcar del género *Diatraea* (Pyralidae- Lepidoptera) y su importancia económica en Costa Rica. Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 148 p.
- Ferron, P. 1988. Pest control by the fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. In Burgues, HD. Ed. Microbial control of pest and plant diseases, 1970-1980. London, Academic Press. p. 465-481.
- Glifford, JR; Mann, GA. 1967. Biology, rearing and trial release of *Apanteles flavipes* in the Florida Everglades to control the sugarcane borer. Journal of Economic Entomology 60 (1) : 44-47.
- Guagliumi, P. 1962. Las plagas de la caña de azúcar en Venezuela Ministerio de Agricultura y Cría. Centro de Investigaciones Agronómicas Maracay, Venezuela Tomo 1. 482 p.

- Gluagliumi, P. 1973. As cigarrinhas dos canaviais no Brasil. Uma contribuição e perspectivas de luta biológica nos Estados de Pernambuco e Alagoas. *Brasil Açucareiro* 72 : 34-43.
- Hensley, SD; Concienne E, J; McCormick, WJ; Charpentier, L.J. 1968. Recent developments in insecticidal control of the sugar cane borer in Louisiana. *In* Proceedings Congress of the International Society of Sugarcane Technologists (13, 1968, Taipei, Taiwan). p. 1365-1368.
- Miskimen, GW. 1962. Studies of the biological control of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) on St. Croix, U.S. Virgin Islands. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 46 (2): 135-139.
- Nakano, O; Silveira Neto, S; Zucchi, RA. 1981. Entomologia Econômica. Depto de Entomologia ESALQ-USP. Piracicaba, São Paulo, Brasil, Livro Ceres. 314 p.
- Pemberton, CE; Williams, JR. 1969. Distribution, origins and spread of sugarcane insect pests. *In* Williams, JR; Melcalfe, JR; Mungomery, RW; Mathes, R. Ed. Pests of sugarcane. Elsevier: p. 69-71.
- Rice, ER. 1981. Biological and chemical control of sugar cane insects. *Louisiana Agriculture* 24 (2): 12-14.
- Risco, SH. 1954. La mosca indígena *Paratheresia claripalpis* W. en el control biológico de *Diatraea saccharalis* (Fabr.) en Lima, Perú. Publicación del Comité de Producción de Azúcar. 31 p.
- Ruiz, MA; Martínez, A; Flores, S. 1968. Statistical estimation of sugar losses due to borer attack (*Diatraea chilo*). *In* Congress of the International Society of Sugarcane Technologists (13, 1968). Proceedings 13:1292-1295.
- Sáenz, C; Alfaro, D; Oviedo, R; Badilla, F. 1997. Dispersión y evaluación de *Metarhizium anisopliae* en condiciones de campo en diferentes regiones cañeras de Costa Rica. *In* Congreso Costarricense de Entomología (4, 1997 San José, Costa Rica). Resúmenes. p. 97.
- Salazar, JD; Badilla, F. 1994. Evaluación de seis insecticidas granulados y dos cepas del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*. *In* Simposio sobre Manejo Integrado de Plagas de la Caña de Azúcar en Costa Rica (1, 1994, San José, Costa Rica). Resúmenes. p.10.
- Scaramuzza, LC. 1946. Control biológico del borer o perforador de la caña de azúcar en Cuba, por medio de la mosca *Lixophaga minense*. *In* Conferencia Anual de Técnicos Azucareros (1946, Habana, Cuba). Memoria. p.11-17.
- Simmonds, FJ. 1955. Establishment of parasites of *Diatraea saccharalis* in Dominica and Guadeloupe. *Tropical Agriculture (Trinidad & Tobago)* 32: 198-200.
- Solís, AI; Badilla, F. 1994. Metodología de producción de *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) en condiciones de laboratorio. *In* Simposio sobre Manejo Integrado de Plagas de la Caña de Azúcar en Costa Rica (1, 1994, San José, Costa Rica). Resúmenes. p. 3.
- Terán, FO. 1982. Factores que afectan o manejo integrado de *Diatraea saccharalis* (Fabr. 1974) (Lepidoptera: Pyralidae) em cana - de- açúcar. Tese Doutor. Piracicaba- Brasil, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo. 144 p.
- Thompson, V. 1995. The identity and distribution of sugar cane and pasture Spittlebugs (Homoptera: Cercopidae) *In* Congreso Centroamericano y del Caribe y 3ro Costarricense de Entomología (2, 1995, San José, Costa Rica). Resúmenes. p. 7.
- Valverde, LA; Badilla, F; Fuentes, G. 1991. Measurement of sugar losses at factory level caused by *Diatraea tabernella* in three sugar cane varieties (*Saccharum* sp.) in the high zone of San Carlos, Costa Rica *Sugar Cane* 2:13-16.
- Watve, CM; Miller, JD; Bell, MG; Situler, KD. 1981. Un resumen de las actividades de investigación sobre gusanos blancos dañinos de la caña de azúcar en Florida. *In* Seminario Interamericano de la Caña de Azúcar, plagas y roedores (2, 1981, Florida, EEUU). Resúmenes. p. 264-278.
- Wraight, PS; Roberts, DW. 1987. Insect control effort with fungi. *Journal of Industrial Microbiology (Suppl.)* 2. p. 77.

Inventario y fluctuación poblacional de insectos y arañas asociadas con *Citrus sinensis* en la región Huetar Norte de Costa Rica

Jorge Mario Elizondo Solís¹

RESUMEN. Los sistemas agrícolas, especialmente de cultivos perennes como la naranja dulce (*Citrus sinensis*) son muy estables, con una entomofauna rica en insectos benéficos. En Costa Rica, la siembra de plantaciones comerciales de gran extensión se inició en 1990. A pesar de que se han realizado investigaciones en este campo, éstas se han dirigido, fundamentalmente, al manejo de las moscas de las frutas, escamas y áfidos con el reconocimiento de algunos entomófagos nativos e importados (*Aleurocanthus woglumi* y el parasitismo de *Encarsia opulenta*). El reconocimiento de los organismos asociados con el sistema es básico para contribuir a mantener su equilibrio. Por esta razón, durante tres años se evaluaron plantaciones con diferente manejo en dos localidades de la Región Huetar Norte. En éstas se estudió la fluctuación poblacional de insectos y arañas presentes en el cultivo en relación con la fenología del cultivo y los factores climáticos, además de los daños ocasionados por los insectos raspadores, masticadores y chupadores. En ambas localidades el porcentaje de brotes foliares fue muy variable, siendo especialmente alto en mayo y marzo, lo cual correspondió con los picos poblacionales relativos del minador *Phyllocnistis citrella*. Se determinó una mayor diversidad de insectos benéficos ($H^1 = 0,97 - 1,82$) en el sistema en el cual no se aplicaron insecticidas; asimismo, la diversidad de insectos potencialmente dañinos fue alta, caracterizada por la presencia de *Exophthalmus* sp. (Curculionidae). Entre los organismos benéficos más comunes destacaron las arañas *Hibana velox*, *Thiodina* sp. especialmente asociadas a la depredación de *P. citrella*, además de *Cycloneda sanguinea* (Coleoptera: Coccinellidae), *Chrysopa* (Neuroptera: Chrysopidae), dípteros de diversas familias (Asilidae), *Rasahus* y *Zelus* (Heteroptera: Reduviidae).

Palabras clave: Naranja, *Citrus sinensis* Insectos plaga, Enemigos naturales, Arañas, Costa Rica.

ABSTRACT. Inventory and population fluctuation of insects and spiders associated with *Citrus sinensis* in the Northern Huetar region of Costa Rica. Agricultural systems, especially perennial crops such as the sweet orange (*Citrus sinensis*) are very stable, with a entomological fauna rich in beneficial insects. In Costa Rica, the sowing of extensive commercial plantations began in 1990. Although investigations have been performed in this field, these have been directed towards, fundamentally, the management of fruit flies, scale insects and aphids with the recognition of some native and imported entomophages (*Aleurocanthus woglumi* and the parasite *Encarsia opulenta*). The recognition of the organisms associated with the system is essential in order to contribute to maintaining its equilibrium. For this reason, plantations with different management in two locations of the North Huetar Region were evaluated for three years. The population fluctuation of insects and spiders present in the crop in relation to the phenology of the crop and climatic factors, as well as damage caused by rasping, chewing and sucking insects, were studied in these plantations. In both locations, the percentage of leaf buds was very variable, being especially high in May and March, which corresponded to the population peaks of the miner *Phyllocnistis citrella*. The greatest diversity of beneficial insects ($H^1 = 0.97 - 1.82$) was found in the system in which insecticides were not applied; similarly, the diversity of potentially damaging insects was high, characterized by the presence of *Exophthalmus* sp. (Curculionidae). Among the most common beneficial insects, the spiders *Hibana velox* and *Thiodina* sp. associated with the depredation of *P. citrella*, stand out especially, as well as *Cycloneda sanguinea* (Coleoptera: Coccinellidae), *Chrysopa* (Neuroptera: Chrysopidae), and diptera of various families (Asilidae), *Rasahus* and *Zelus* (Heteroptera: Reduviidae).

Key words: Orange, *Citrus sinensis*, Insect pests, Natural enemies, Spiders, Costa Rica.

¹ 50m norte y 75m oeste de la Escuela Juan Bautista Solís, Barrio San Roque, Ciudad, Quesada, Alajuela, Costa Rica. jmeli54@hotmail.com

Introducción

A partir de 1990, el crecimiento de las áreas cultivadas de naranja se aceleró en Costa Rica. En la actualidad existen aproximadamente 35 000 ha dedicadas a este cultivo, de las cuales un alto porcentaje se ubican en la región Huetar Norte. El 90% de estas áreas corresponden a naranja dulce (*Citrus sinensis*) y un 10% a limón ácido (*Citrus reticulata*) (Fig. 1). A pesar del acelerado desarrollo de las plantaciones de cítricos, el manejo de las plagas fue rústico y tradicional, con predominio del control químico (Ministerio de Agricultura y Ganadería 1988, 1989). El 80% de los productores de naranja dulce de la Región Huetar Norte de Costa Rica (Sarapiquí, San Carlos, Los Chiles y Grecia (Distrito de Río Cuarto y Upala) han utilizado el control químico como única estrategia de control de plagas, aunque con frecuencias de aplicación variables (39% han aplicado malatión y 20% tamarón con una frecuencia de cada 90 días (12%), cada 120 días (12%) y cada 180 días (12%).

En Costa Rica se han informado aproximadamente 100 organismos que atacan los cítricos, de los cuales solo 48% de ellos se consideran plagas de importancia económica. Los agricultores reportan como más comunes a las escamas (49%), los áfidos (29%) y las trigonas (20%); además de los ácaros. (Cámara de Productores de Cítricos 1993).



Figura 1. Ubicación de los sitios en los que se realizaron las evaluaciones de insectos y arañas asociadas con *C. sinensis* en Costa Rica.

Conforme pasa el tiempo después de plantado un cultivo, aumentan las manifestaciones en los cambios de la composición de las especies y la complejidad de la comunidad es cada vez mayor. Las mejoras del clima hacen las condiciones más favorables y un mayor número de especies logran su adaptación. Así entonces, a medida que la sucesión se expande, los miembros residentes aumentan en proporción (Mercalf *et al.* 1990).

Tradicionalmente, la preocupación han sido las plagas, algunas de ellas colonizadoras del nuevo hábitat, más que los organismos residentes amortiguadores del problema. El desbalance provocado en el ambiente por el uso inapropiado de agroquímicos, la contaminación ambiental y los costos de producción y pérdidas económicas en este cultivo son factores que pueden reducirse con el reconocimiento de las relaciones bióticas y la entomofauna asociada. Además la información generada mediante este tipo de evaluaciones permiten establecer estrategias de manejo basadas en la relación natural de la entomofauna de estos sistemas.

Metodología

La evaluación se realizó en dos plantaciones de naranja de la variedad Valencia sobre patrón de Citrumelo 4475 de cuatro años de edad, y en producción. Cada plantación constaba de 3500 árboles. En una de las fincas (Finca 2) no se aplicaron insecticidas durante el experimento; en la otra se permitió el uso de agroquímicos, según la calendarización establecida para la finca (Finca 6). Los insectos se recolectaron cada mes en cuatro árboles escogidos al azar en cada muestreo, a una altura de hasta 2 m. Para ello se utilizó un equipo de succión D - VAC modelo 24.

Se recolectaron insectos nocturnos en trampas luminosas tipo "Luis de Queiroz" que se colocaron en la tarde, para recogerlas en la mañana del día siguiente. Para evaluar la presencia de moscas de las frutas, en el laboratorio se hicieron evaluaciones de los frutos caídos.

Para la captura de áfidos se utilizaron trampas amarillas, pero dado que fueron poco eficientes, excepto para la recolección de moscas (Diptera), en los dos años siguientes se contaron las colonias de áfidos en brotes nuevos escogidos al azar.

El daño causado por el minador de la naranja *P. citrella* se evaluó en 10 hojas, escogidas al azar en brotes de la parte media del árbol. En cada brote se determinó el número de hojas totales por brote, el nú-

mero de hojas con minas, el porcentaje de larvas vivas, el número de larvas muertas, el porcentaje de hojas con dos larvas, el porcentaje de larvas depredadas y muertas por entomopatógenos y el número promedio de larvas por hoja. En el laboratorio se evaluó el porcentaje de emergencia del minador y el porcentaje de parasitismo. Para valorar el porcentaje de daño se consideró como 50% el haz de las hojas y 50% el envés, según lo propuesto por Knapp *et al.* (1995). Para determinar los enemigos naturales y sobrevivencia del insecto se recolectaron 10 hojas con pupas y larvas en los últimos estadios, las cuales se colocaron en cámaras de cría para su observación.

Para recolectar las hormigas, se colocaron viales de vidrio con atún de 10:00 am - 12:00 m, en la base y tronco de cuatro árboles seleccionados al azar, de acuerdo a lo establecido por Perfecto (1989).

Para determinar la relación entre el comportamiento fenológico de la naranja y el comportamiento de las poblaciones de insectos, se realizó un recuento en cada período de muestreo (1 vez al mes) del número de flores y frutos mayores y menores de 5 cm de diámetro, para lo cual se utilizó un marco de 1 m², dividido en cuatro partes, colocado a 1,5 m del suelo, en cada una de las cuatro caras de cada árbol (norte, sur, este, oeste). También se evaluó el porcentaje de brotes foliares (escala de 1 a 5) y el daño en las hojas por insectos chupadores, masticadores, minadores y raspadores en hojas nuevas y brotes nuevos (escala de 1 a 5). Durante los 36 meses de la evaluación se llevó un registro detallado de los factores climáticos (temperatura, precipitación, etc.).

Se realizó un análisis de frecuencia y correlación de los datos. La información sobre el número de insectos se transformó utilizando la $V \times + 1$. Se calculó el índice de diversidad de ambos sistemas para algunos insectos benéficos y fitófagos; para lo que se usó la fórmula modificada de Shannon - Wiener. $D = (\log 10N - 1 / N (\text{ni } \log 10n_i))$.

Evaluaciones en el sistema naranja

Fenología del cultivo

En algunas especies de cítricos, como el limonero y el cidrero, los árboles de ciertas variedades, tienden a florecer y a emitir brotes casi continuamente cuando las condiciones del ambiente son favorables. En las plantaciones de naranja evaluadas se determinó un comportamiento similar aunque de acuerdo con Morín (1995), la presencia de flores y brotes se concentró en algunos periodos de mayor sequía o más agua, res-

pectivamente. Por ejemplo en mayo, con el inicio de las lluvias, la producción de brotes se incrementó (75% de brotes evaluados durante el periodo) con una tendencia similar en marzo (75%), después de las lluvias de diciembre y enero.

Por el contrario, la floración fue más uniforme en las plantaciones de Los Lirios de Los Chiles siendo alta de enero a marzo, probablemente porque en esta región el periodo seco es más definido. Los incrementos en la brotación correspondieron con los picos poblacionales de insectos minadores como *Phyllocnistis citrella* y masticadores, especialmente *Exophthalmus* sp.

Las poblaciones de *P. citrella* fueron particularmente altas en las fincas donde no se aplicaron agroquímicos (Finca 2, Arenal, San Carlos), capturándose 12 individuos por muestreo en marzo (promedio de 3 individuos/árbol), 26 en mayo (6,5 individuos/árbol), 21 en setiembre (5,2 individuos/árbol) y 19 en noviembre (5 individuos / árbol); el daño causado por masticadores también fue alto. Durante el mismo año de estudio (1996), el promedio de individuos recolectados en los meses anteriores (febrero, abril, agosto y octubre) fue de 2; 1; 3 y 3, respectivamente. Por el contrario, la presencia continua de flores en este sistema favoreció a los microhimenópteros y dípteros ya que se constituyeron en fuente de energía extemporánea.

Insectos asociados con *C. sinensis*

En este tipo de agroecosistemas, los problemas de plagas pueden ser manejados de manera relativamente fácil a diferencia de cultivos de hortalizas (Andrews y Quezada 1984). Para ello es muy importante reconocer los organismos asociados con el sistema. Los resultados confirman la diversidad de insectos y arañas que de manera equilibrada interactúan en el sistema (Cuadro 1).

Orden Lepidoptera

El daño por lepidópteros fue leve en comparación con el que ocasionaron los coleópteros especialmente *Exophthalmus* sp. Se recolectaron, individuos de las familias Megalopygidae (*Narape* sp.); Arctiidae (*Eucereon* sp.; *Apatensis* sp. y *Habycidota* sp.) además de Noctuidae y Crambidae, siendo más abundantes en mayo a junio y de julio a noviembre. Sin embargo, el de mayor relevancia por el daño ocasionado fue el minador *P. citrella*, que fue informado en el país a partir de 1994 (Fig. 2). Al inicio (setiembre 1994) el porcentaje de daño fue alto, especialmente en Arenal

(60,5%), sin embargo a través de los años, el porcentaje de daño se estabilizó, además se incrementaron los factores de control biológico natural, evaluados mediante el porcentaje de parasitismo, larvas muertas por entomopatógenos y el porcentaje de depredación especialmente, por la acción de arañas *Hibania velox* (Amyphaenidae) y *Clubiona* sp. (Clubionidae) en orden de importancia, como fue mencionado por Peña (1996) y León *et al.* (1997) (Fig. 3).

Orden Thysanoptera

Aunque a los trips se les considera una plaga, tienen muchos enemigos naturales entre los que se destacan las arañas Clubionidae (*Aysha decepta*). Precisamente, en esta evaluación una de las más frecuentes fue *Clubiona* sp. En Los Lirios de Los Chiles las poblaciones más altas se presentaron en mayo.

Orden Heteroptera

Suborden Homoptera. Estos insectos son importantes por su relación con la transmisión de virus, especialmente el de la *Tristeza de los cítricos*. Sobresalen los áfidos, especialmente *Aphis gossypi* Glover, *Toxoptera aurantii* y *T. citricida*. Aunque se determinaron muchos insectos de este suborden, la mayoría están asociados con las malezas que se ubican en las entrecalles

de las plantaciones. De ellos, los más frecuentes fueron los cidadélicos, especialmente *Macunola ventralis*, que tienen gran diversidad de cultivos y malezas hospedantes. Las mayores poblaciones relativas se presentaron de febrero a marzo y de octubre a noviembre, siendo en promedio de 9 y 4 individuos/árbol, respectivamente en 1995. Esto coincidió con el periodo de menor precipitación en ese mismo año.

De la familia Aphididae se destacó *Toxoptera* sp. con poblaciones relativas mayores en Los Chiles que en Arenal. Precisamente en esta última localidad no se aplicaron agroquímicos durante el periodo de evaluación, lo que pudo haber favorecido una mayor presencia de depredadores. Así, en Arenal fue mayor la presencia de *Chrysopa* sp. (Neuroptera Chrysopidae). Según Borrer *et al.* (1970); los Chrysopidae son depredadores importantes de los áfidos, tanto en estado adulto como larval. De los Membracidae, el más frecuente fue *Amastris obtogens* especialmente en Arenal.

Aunque con menos frecuencia, se recolectaron individuos de las familias Cixiidae, Dictyopharidae, Delphacidae, Cercopidae. Estos últimos son plaga de las especies de la familia Poaceae; sin embargo, es importante destacar que es frecuente encontrar cadáveres de adultos con hongos entomopatógenos, adheridos a las hojas de la naranja. Estos individuos probablemente se trasladan de las entrecalles a los árboles en donde mueren. Los insectos enfermos tienden a buscar lugares ocultos para morir. Una estrategia de algunos entomopatógenos es la modificación del comportamiento del hospedante, para maximizar su dispersión. Los cercópodos son hospedantes de *Metarrhizium* sp. y *Beauveria bassiana*, dos microorganismos de gran relevancia en el control natural de insectos.

Las plagas de naranja pertenecientes a este suborden, presentan una gran diversidad de entomófagos, que las mantienen bajo control biológico natural (*Rodolia cardinalis* (Coleoptera: Coccinellidae) *Chrysopa* sp., *Delphastus* sp. (Coleoptera: Coccinellidae) *Encarsia opulenta* (Hymenoptera: Aphelinidae) *Aphytis* sp. (Hymenoptera: Aphelinidae) entre otros). En Santa Ana (Costa Rica) se determinó a *Chrysomphalus* sp. como la escama más frecuente (46,1 %) seguida de *Lepidosaphes beckii*, (16,4%) *Aleurocanthus woglumi*, (2,4%), *Lepidosaphes gloveri*, (1,6%), *Saissetia* sp. (0,12%) y *Ceroplastes* sp. (0,04%) (Monge *et al.* 1990). En la misma población se determinó que el principal factor de mortalidad fue la depredación por coccinélidos, ácaros, neuroptera, sírfidos y la influencia del clima (Arias 1988).

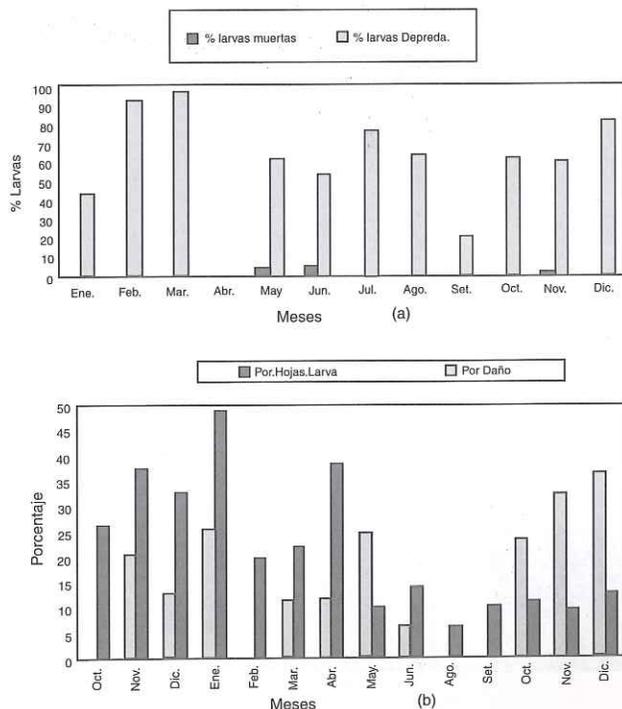


Figura 2. Porcentaje de daño y hojas con dos larvas en una evaluación del minador de la naranja *Phyllocnistis citrella* bajo condiciones de campo en Los Lirios de Los Chiles, Costa Rica. 1995.

Suborden Hemiptera

A la mayoría de los individuos de este suborden se les encuentra en una gran variedad de hábitats (Borror *et al.* 1970). Los más comunes fueron *Alcatorhynchus grandis* (Hemiptera: Pentatomidae); *Dysdercus* sp. (Hemiptera: Pyrrhocoridae); *Rasahus hamatus* y *Zelus* sp. (Hemiptera Reduviidae).

Esta última especie fue la más frecuente, constituyendo el 80% de los individuos recolectados (Fig. 4). Los reduvidos en particular, fueron más frecuentes en noviembre y diciembre, febrero-marzo y setiembre; además los picos poblacionales del depredador *Zelus* sp. se presentaron en marzo y octubre, correspondiendo a los picos poblacionales de lepidópteros ($r^2 = 0,73$). Las correlaciones también fueron altas entre los Reduviidae y los Curculionidae ($r^2 = 0,49$), los Pentatomidae ($r^2 = 0,78$) y los Coleoptera ($r^2 = 0,5$). Para la familia Reduviidae, la correlación con otros grupos y géneros fue más baja. Por ejemplo, con Membracidae fue de $r = 0,36$; trips ($r = 0,21$) y Crysomelidae ($r = 0,35$).

Orden Coleoptera

Este es el segundo orden después de los dípteros, con más individuos recolectados, especialmente en Arenal,

localidad donde no se aplicaron plaguicidas en las plantaciones de naranja (4209 individuos capturados). Los individuos de la familia Ptilodactylidae fueron los más frecuentes (30% de los capturados). Estos no han sido informados como plagas de cultivos y en particular de la naranja; sin embargo, frecuentemente se observan cadáveres infestados de entomopatógenos, adheridos a las hojas, funcionando como hospedantes alternos. De los fitófagos, los más frecuentes fueron los crisomélidos de los géneros *Colaspis*, *Rhaphdopterus* e *Isotes*, además de las especies *Diabrotica paranapiacaba*, *Cerotoma* sp.; *Brachypnoea* sp. y *Varicoxa* sp, entre otros. Las poblaciones relativas de estos individuos fueron más altas de febrero a marzo (1,77 individuos/árbol); de mayo a julio (5 individuos/árbol) y de agosto a setiembre (4 individuos/árbol), correspondiendo con el mayor número de flores en mayo (13,93 flores/árbol/m² a 1,5 m de altura) y el porcentaje más alto de retoños en este mismo mes (4,06 en una escala de 1 a 5). El número de flores disminuyó en los meses siguientes hasta 1,93 y se incrementó en setiembre (2,43) coincidiendo con las poblaciones relativas más altas de crisomélidos (mayo 11,1 individuos/muestreo). Durante este mismo año, en los meses siguientes (abril y octubre) se recolectaron en promedio 0,6 y



Figura 3. Arañas (a) asociadas con las lesiones del minador, muestra de depredación (b), (d) y larva afectada por hongos (c), en una evaluación en el sistema naranja, Arenal de San Carlos y Los Lirios de Los Chiles, Costa Rica.

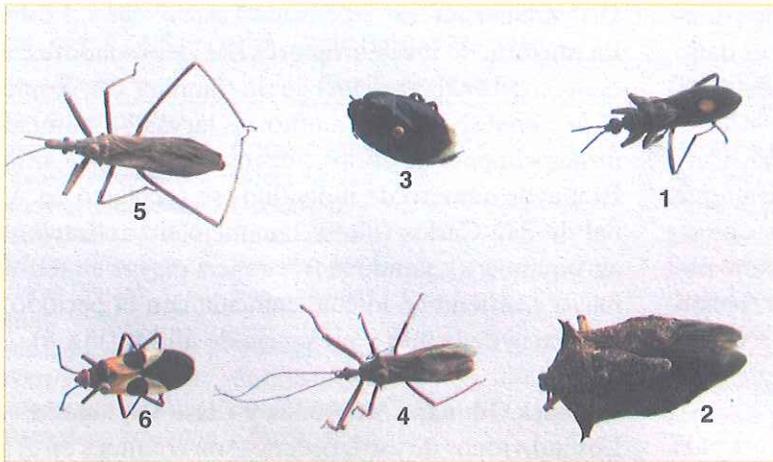


Figura 4. Géneros de Hemiptera determinados en una evaluación de insectos y arañas asociados con el *C. sinensis*, en Arenal de San Carlos y Los Lirios de Los Chiles, Costa Rica. 1. *Rasahus hamatus*. 2. *Alcacorhychus grandis*. 3. *Morfo especie* (Cydnidae). 4. *Zelus* sp. 5. *Morfo especie* (Reduviidae). 6. *Dysdercus* sp.

Figura 5. Géneros de Coleoptera Crysomelidae determinados en una evaluación de insectos y arañas asociados con *C. sinensis* en Arenal de San Carlos y Los Lirios de Los Chiles, San Carlos. 1- *Colaspis* sp. 2. *Plagiometriona testudinaria*. 3. *Ischnocedia annulus*. 4. *Rhabdopterus* sp. 5. *Omophoita albreviata*. 6. *Asphaera novilitata*. 7. *Diabrotica* sp. 8. *Paranapiacaba* sp. 9. *Chalepus* sp.

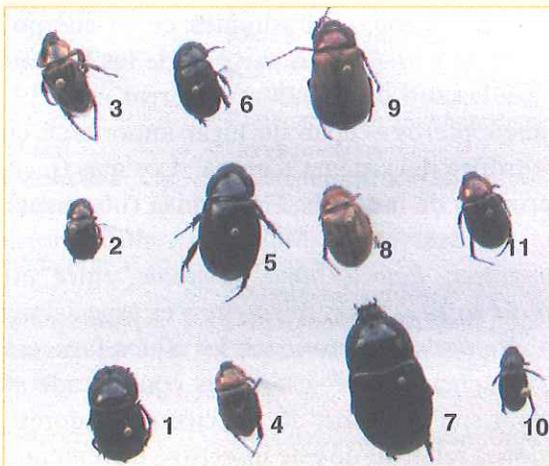
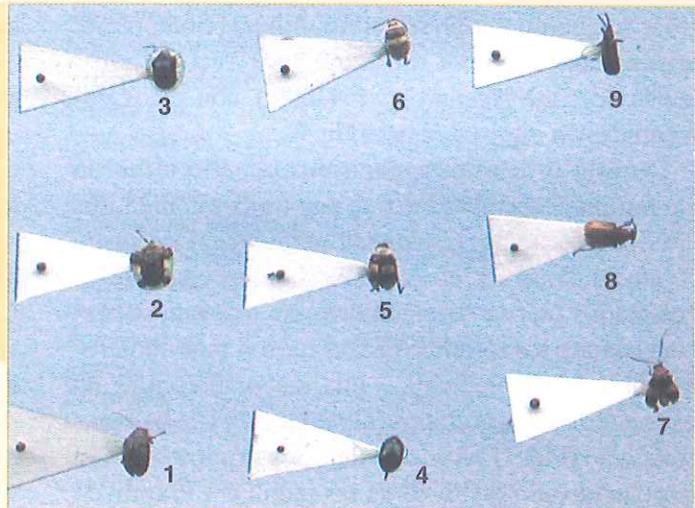


Figura 6. Géneros de Coleoptera Scarabaeidae determinados en una evaluación de insectos y arañas asociadas con *C. sinensis* en Arenal de San Carlos y Los Lirios de Los Chiles, Costa Rica. 1. *C. lugubris*. 2. *Leucothyreus* sp. 3. *C. amazonica*. 4. *C. discolor*. 5. *D. dubius*. 6. *S. hardyi*. 7. *L. bituberculatus*. 8. *C. lunulata*. 9. *P. chiriquina*. 10. *C. centralis*. 11. *A. singularis*.

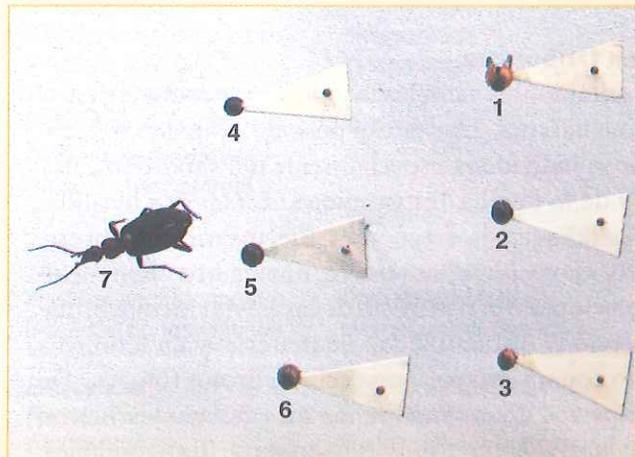


Figura 7. Géneros de Coleoptera benéficos determinados en una evaluación de insectos y arañas asociadas con *C. sinensis* en Arenal de San Carlos y Los Lirios de Los Chiles, Costa Rica. 1. *C. sanguinea* (Coccinellidae). 2. *Azya* sp. (Coccinellidae). 3. *C. emarginata* (Coccinellidae). 4. *Morfo especie* (Fam. Coccinellidae). 5. *Morfo especie* (Fam. Coccinellidae). 6. *Morfo especie* (Fam. Coccinellidae). 7. *Galerita* sp. (Carabidae).

0,8 individuos/árbol, respectivamente. La importancia de estas plagas radica particularmente en el daño que le provocan a estas estructuras de las plantas (Enríquez 1985) (Fig. 5).

Además de estos fitófagos, sobresalieron los Curculionidae (*Exophthalmus* sp.) como colonizadores del sistema naranja, con poblaciones relativas que se incrementaron a través de los años de evaluación, pasando de un 5,8% a un 74%. Se observó una relación entre el número de individuos de este género recolectados y el daño por masticadores y la presencia de brotes en los árboles.

En naranja, son particularmente importantes los escarabidos como defoliadores y comedores de raíces. El más frecuente fue *Dyscineutus dubius* (Coleoptera: Escarabaeidae) (86,9% de individuos recolectados) además de *Cyclocephala* sp. (64,42%), con picos poblacionales en enero y mayo (Fig. 6).

De este orden, los organismos benéficos fueron de la familia Coccinellidae que son típicos comedores de áfidos y escamas (*Cycloneda sanguínea*, *Coccinella emarginata*, *Azya* sp., etc.). El 21% de los coleópteros recolectados fueron coccinellidos, con una mayor presencia cuando los retoños foliares fueron más numerosos debido probablemente a una mayor presencia de presas, además de carabidos (*Galerita* sp. y *Castascopeus angulicollis* (Fig. 7). Además de estos grupos también se recolectaron individuos de las familias Cerambycidae (0,27%), Dermestidae y Meloide, Elateridae.

Orden Orthoptera

Los saltamontes también son insectos comunes en el sistema naranja. Durante el periodo evaluado se recolectaron individuos, especialmente del suborden Ensifera y de la familia Tettigoniidae. En las dos localidades estudiadas, la frecuencia fue mayor en febrero, marzo, mayo, junio, setiembre, noviembre. Esto estuvo relacionado con el inicio de las lluvias en mayo, que favoreció la disponibilidad de material y en febrero a marzo con una mayor presencia de brotes foliares. De las especies determinadas, las más frecuentes fueron *Neoconocephalus triops* (Orthoptera: Tettigoniidae); *Phillophyllia* (Orthoptera: Tettigoniidae) y *Abracris flavolineata* (Orthoptera: Gryllidae).

Orden Neuroptera

La mayoría de los neurópteros son depredadores. De ellos se destacaron los de la familia Chrysopidae (*Chrysopa* sp.) cuyos adultos y larvas se alimentan principalmente de áfidos, huevos de insectos y arañas. El mayor número de individuos se recolectó en Arenal de San Carlos (Finca 2, manejo sin aplicación de agroquímicos); siendo la frecuencia mayor en febrero, mayo y setiembre, lo cual coincide con el periodo de presencia de brotes y presencia de áfidos (Fig. 8).

Órdenes Odonata, Mantodea y Clase Diplopoda

Los individuos de estos órdenes son comunes en el sistema naranja, aunque se recolectaron con menos frecuencia que *Chrysopa* sp.

El bajo número de individuos recolectados no permitió determinar la fluctuación poblacional, aunque se confirmó su presencia en el sistema naranja, ejerciendo su acción depredadora, especialmente en lo que respecta a los mántidos y odonatos.

Orden Hymenoptera

Los adultos de este orden se encuentra en una gran variedad de hábitats, especialmente en lugares con abundante floración. Muchas larvas del suborden Apocrita viven como parasitoides en el cuerpo de otros insectos y arañas. La mayoría de los Vespoidea y Sphecoidea son depredadores (Borror *et al.* 1970). Los himenópteros ocupan un lugar importante en la cadena trófica del sistema naranja. Los más frecuentes fueron los de la familia Formicidae (hormigas) de la que se destacaron *Solenopsis*, *Monomorium*, *Brachymyrmex*, *Ectactocmma*, *Pheidole*, entre otros. *Solenopsis* sp. fue la más frecuente y es especialmente importante, por su simbiosis con los áfidos, favoreciendo su presencia. Este género es considerado muy agresivo y son criadoras de insectos chupadores; las poblaciones relativas de este insecto se incrementaron en los meses de mayo y agosto, cuando las poblaciones relativas de áfidos también fueron altas. Así por ejemplo de mayo a junio de 1995, el número de individuos recolectados por muestreo/árbol fue de 19 áfidos y de 10 hormigas del género *Solenopsis* sp. En el mes anterior (abril) el número de individuos recolectados en ambos casos fue de 0.

Los macro y microhimenópteros fueron numerosos, destacándose los Ichneumonidae (*Eiphosoma dentador* (Fabricius), *Tromatobia* sp., *Enicospilus trilineatus* (Brullé), *Brachycyrtus* sp. (nueva especie),

Cuadro 1. Insectos más frecuentemente recolectados en el sistema *C. sinensis*, en la región Huetar Norte (Los Lirios de Los Chiles, Arenal de San Carlos, Costa Rica), 1994-1996.

Genero/Especie	Familia/Subfamilia	Genero/Especie	Familia/Subfamilia
Orden Coleoptera		Individuos no identificados de las familias Coccinellidae, Ptilodactylidae, Dermestidae, Meloidae, Elateridae, Endomychidae	120 morfoespecies
<i>Azya</i> sp.	Coccinellidae	Orden Heteroptera	
<i>Coccinella emarginata</i>	Coccinellidae	Suborden Hemiptera	
<i>Cycloneda sanguinea</i>	Coccinellidae	<i>Alcacorhynchus grandis</i>	Pentatomidae
<i>Epilachna</i> sp.	Coccinellidae	<i>Dysdercus</i>	Reduviidae
<i>Aspidolea singularis</i>	Scarabaeidae	<i>Rasahus hamatus</i>	Reduviidae
<i>Ceraspis</i> (Faula) <i>centralis</i>	Scarabaeidae	<i>Zelus</i> sp.	Reduviidae
<i>Copris lugubris</i>	Scarabaeidae	Suborden Homoptera	
<i>Cyclocephala discolor</i>	Scarabaeidae	<i>Aenolamia</i> sp.	Cercopidae
<i>Cyclocephala lunulata</i>	Scarabaeidae	<i>Macunola ventralis</i>	Cicadellidae
<i>Cyclocephala amazona</i>	Scarabaeidae	Orden Lepidoptera	
<i>Dyscinetus dubius</i>	Scarabaeidae	<i>Eusarea</i> sp.	Geometridae
<i>Leucothyreus</i> sp.	Scarabaeidae	<i>Scopulosa</i> sp.	Geometridae
<i>Ligyris bituberculatus</i>	Scarabaeidae	<i>Midila dapne</i>	Crambidae
<i>Phyllophaga chiriquina</i>	Scarabaeidae	<i>Polygramodes</i> sp.	Crambidae
<i>Stenocrastes hardyi</i>	Scarabaeidae	Individuo sin identificar	
<i>Castascopus</i> <i>angulicollis</i>	Carabidae	Individuo sin identificar	Phycitinae
<i>Galerita</i> sp.	Carabidae	<i>Notodontidae</i>	
<i>Apion</i> sp.	Curculionidae	<i>Manduca rustica</i>	Spingidae
<i>Exophthalmus</i> sp.	Curculionidae	<i>Apatensis</i> sp.	Arctiidae
-- sp.	Chrysomelidae (Subfam:Alticinae)	<i>Ecpateria icasia</i>	Arctiidae
-- sp.	Chrysomelidae (Subfam:Cassidinae)	<i>Eucereon</i>	Arctiidae
<i>Asphaera nobilitata</i>	Chrysomelidae (Subfam:Alticinae)	<i>Ormetica</i> sp.	Arctiidae
<i>Brachypnoea</i> sp.	Chrysomelidae (Subfam:Eumolpinae)	<i>Spodoptera</i>	Noctuidae
<i>Cerotoma</i> sp.	Chrysomelidae (Subfam:Galerucinae)	<i>Mesoscia dyari</i>	Megalopygidae
<i>Colaspis</i> sp.	Chrysomelidae (Subfam:Eumolpinae)	<i>Norape</i> sp.	Megalopygidae
<i>Chalepus</i> sp.	Chrysomelidae (Subfam:Hispinae)	Orden Orthoptera	
<i>Diabrotica</i>	Chrysomelidae	<i>Neoconocephalus triops</i>	Tettigoniidae
<i>paranapiacaba</i>	(Subfam:Galerucinae)	<i>Phillophyllia</i> sp.	Tettigoniidae
<i>Diabrotica</i> sp.	Chrysomelidae (Subfam:Galerucinae)	<i>Abracris flavolineata</i>	Acrididae
<i>Gynandrobrotica</i> sp.	Chrysomelidae (Subfam:Galerucinae)	Individuos sin identificar	Gryllidae
<i>Heikertingerella</i> sp.	Chrysomelidae (Subfam:Alticinae)	Orden Hymenoptera (Macrohimenópteros)	
<i>Ischnocodia annulus</i>	Chrysomelidae (Subfam:Cassidinae)	<i>Agelaia</i> sp.	Vespidae/Polybiinae
<i>Isotes</i> sp.	Chrysomelidae (Subfam:Galerucinae)	<i>Apoica</i> sp.	Vespidae/Polybiinae
<i>Microctenochira</i> <i>cunulata</i>	Chrysomelidae (Subfam:Cassidinae)	<i>Myschocyttarus</i> sp.	Vespidae/Polybiinae
<i>Microctenochira</i> <i>flavonotata</i>	Chrysomelidae (Subfam:Cassidinae)	<i>Polistes erythrocephalus</i>	Vespidae/Polistiinae
<i>Omophoeta abbreviata</i>	Chrysomelidae (Subfam:Alticinae)	Individuo no identificado	Vespidae/Polybiinae
<i>Omophoeta</i> <i>aequinoctalis</i>	Chrysomelidae	<i>Trigona</i>	Vespidae
<i>Plagiometriona</i> <i>testudinaria</i>	Chrysomelidae (Subfam:Cassidinae)	<i>Evaniella</i> sp.	Apidae/Meliponinae
<i>Rhabdopterus</i> sp.	Chrysomelidae (Subfam:Eumolpinae)	<i>Kapala</i> sp.	Evaniidae
<i>Systema</i> sp.	Chrysomelidae (Subfam:Alticinae)	<i>Eiphosoma</i> sp.	Eucharitidae/Eucharitinae
<i>Varicoxa</i> sp.	Chrysomelidae (Subfam:Alticinae)	Individuo no identificado	Ichneumonidae/Cremastinae
<i>Walterianella</i> sp.	Chrysomelidae (Subfam:Alticinae)	<i>Brachycyrtus</i> sp.	Ichneumonidae/Brachycyrtinae (especie nueva)
		<i>Casitaria</i> sp.	Ichneumonidae/Campopleginae
		<i>Eiphosoma dentator</i>	Ichneumonidae/Cremastinae (Fabricius)
		<i>Enicospilus trilineatus</i>	Ichneumonidae/Ophioninae (Brullé)
		<i>Messatoporus</i> sp.	Ichneumonidae/Cryptinae
		<i>Tromatobia</i> sp.	Ichneumonidae/Pimplinae

entre otras., así como Vespidae *Charterginus* sp., *Polistes erythrocephalus*, etc), Evaniidae (*Evaniella* sp., *Kapala* sp., etc.) y una gran diversidad de organismos de las superfamilias Chalcidoidea, Prototrupoidea y Aphele-noidea. Los microhimenópteros fueron más frecuen-tes en enero-febrero, junio, julio, noviembre y diciem-bre, lo cual corresponde a los periodos con mayor floración, asociado posiblemente a una mayor presen-cia de hospedantes en esos meses, además de una ma-yor disponibilidad de néctar para los estados adultos (Fig. 9).

Orden Diptera

Los dípteros fueron los organismos recolectados con mayor frecuencia en esta evaluación. Los individuos viven en el agua, suelo, materiales en descomposición o en tejidos de plantas y animales. Durante el perio-do se recolectaron 16 063 individuos en Arenal de San Carlos (manejo sin aplicación de plaguicidas) y 11 285 en Los Lirios de Los Chiles (manejo incluyó la aplica-ción de plaguicidas). De los individuos recolectados se destacaron los depredadores Asilidae, los parasitoi-des Tachinidae, además de los Stratiomiidae y Syrphi-dae, cuyas larvas se alimentan de áfidos y coccidos.

Durante la evaluación no se recolectaron especí-menes de *Ceratitis*, aunque sí de *Anastrepha*.

Saprófagos

Estos insectos son frecuentes en el sistema naranja probablemente debido a las condiciones favorables de microclima y a la presencia de materia orgánica en descomposición. Los más comunes son individuos de la familia Blatellidae (O. Blattodea).

Su frecuencia fue mayor en los periodos de mayor precipitación, posiblemente porque buscan refugio en el dosel de los árboles.

Arácnidos asociados con *C. sinensis*

De los individuos que se recolectaron, las arañas (Orden Aranea, varias familias) fueron de los artró-podos más numerosos, aunque las poblaciones relati-vas fueron muy fluctuantes, en ambos lugares. Los me-ses de mayor frecuencia fueron enero-febrero; mayo-junio y setiembre-noviembre. Su acción depre-dadora es esencial en este agroecosistema. Esto se comprobó por la presencia y acción de estos indivi-duos, especialmente en el control de *P. citrella*. De ellas se destacaron los géneros *Hibana velox*, *Clubiona* sp. y *Thiodina* sp. *Carabella* sp. y *Phiale* sp. considerados los depredadores más importantes del minador de los cítricos, en Cañas, Guanacaste, Costa Rica (León y So-to 1997).

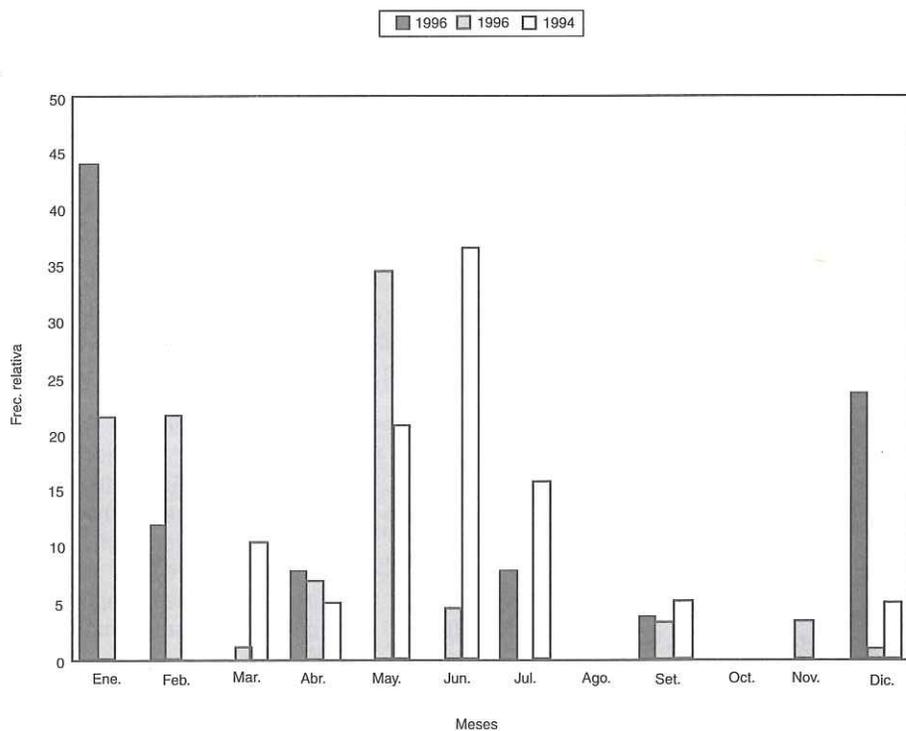


Figura 8. Frecuencia relativa de *Chrysopa* sp. (Neuroptera: *Chrysopa* sp.) en una evaluación de los insectos y arañas asociados con *C. sinensis* en Arenal de San Carlos, Costa Rica.

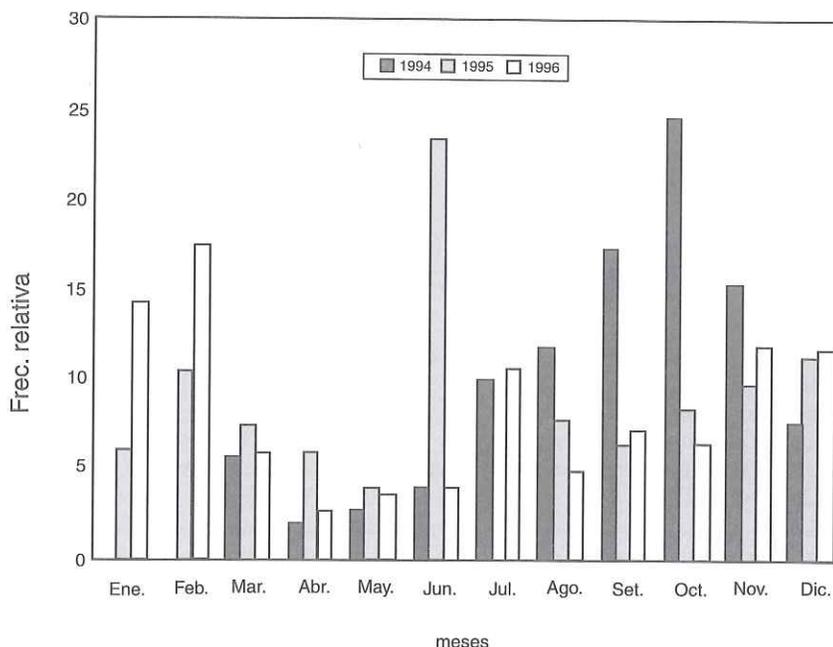


Figura 9. Frecuencia relativa de Microhimenópteros de diversas familias en una evaluación de los insectos asociados con *C. sinensis* en la Región Huetar Norte, en Arenal de San Carlos y Los Lirios de Los Chiles, Costa Rica.

Características del sistema naranja

Se puede esperar que en las comunidades de diferente estado de sucesión biótica, o de diferente hábitat, área geográfica, o aún en diferentes periodos del año, se muestren diferencias en la diversidad de especies (Metcalf *et al.* 1990).

Se establece además que con el tiempo de plantado un cultivo, las manifestaciones en los cambios, de la composición de las especies y la complejidad de la comunidad sea cada vez mayor. Una comunidad diversificada contiene muchos amortiguadores, especialmente cuando las especies vegetales son numerosas. Esta situación hace que el sistema naranja sea vulnerable a los cambios, especialmente cuando son provocados de manera abrupta por el hombre. Por esta razón, en el caso particular de esta evaluación, se consideraron dos sistemas de naranja con manejos culturales diferentes y ubicados en áreas geográficas diferentes. En las condiciones de Arenal (Finca 2) cuyo manejo no incluyó la aplicación de plaguicidas durante la evaluación) se determinó una mayor diversidad de organismos benéficos por mes ($H = 0,97 - 1,82$). Por el contrario, en Los Lirios de Los Chiles en donde si se aplicaron insecticidas, la diversidad de organismos benéficos, sobre todo al inicio, se mantuvo en un rango de 0,52 a 1,08.

Particularmente en este último caso, la diversidad de fitófagos fue mayor que la de benéficos. También se determinó un incremento en la diversidad de fitófagos cuando se presentaron los mayores porcentajes de brotes nuevos.

Por lo observado, cualquier acción que vaya dirigida al manejo de las plagas en este cultivo, debe considerar que existe una gran diversidad de insectos y arañas benéficas, que son básicos para el equilibrio natural del sistema (Arachnidae, Coccinellidae, Reduviidae, Microhymenoptera, Diptera, Formicidae, entre otros). Ante la decisión de incluir aplicaciones de plaguicidas debe considerarse el efecto de éstos productos sobre la fauna benéfica, además del comportamiento poblacional cíclico de algunos individuos tan importantes como *Exophthalmus* sp.

Agradecimiento

Se agradece a la Empresa TICOFRUIT por permitir realizar el trabajo en sus fincas; a los estudiantes asistentes especialmente Marielos Arias Alfaro por su valiosa colaboración y a los funcionarios de INBIO y del Museo de Entomología de la UCR (Jesús A Ugalde, Jorge Corrales, Humberto Lezama, Angel Solís, Bernardo Espinoza) y a Divina Amalin de la Universidad de Florida por la identificación de insectos y arañas.

Literatura citada

- Arias, JM. 1988. Aspectos de la biología y la ecología de las poblaciones de la escama coma *Lepidosaphes beckii* (Newman) y la escama fina *L.gloveri* (Packard) (Homoptera: Diaspididae), plagas de los cultivos en Costa Rica. Tesis de M Sc. San José, Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica. 100 p.
- Caltagirone, LE; Doult, RL. 1989. The history of the vedalia beetle importation to california and its impact on the development of biological control. *Annual Review of Entomology* 34:1-16.
- Cámara de Productores de Cítricos. 1993. Boletín informativo de Citricultura #1 sp. Costa Rica.
- Cámara de Productores de Cítricos. 1993. Boletín informativo de Citricultura #2 sp. Costa Rica.
- Elizondo, JM. 1987. Identificación y evaluación de los enemigos naturales de la mosca prieta de los cítricos, (*Aleurocanthus woglumi*) Ashby (Homoptera: Aleyrodidae), durante un año en cuatro zonas cítricas de Costa Rica. Tesis MSc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE. 101 p.
- Enríquez, G. 1985. Curso sobre cultivo de cacao. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Knapp, J; Albrigo, L; Browning, H; Bullock, R; Heppner, J; Hall, D; Hoy, M; Nguyen, R; Peña, J; Stansly, P. 1995. Citrus leafminer moth *Phyllocnistis citrella* Stainton current status in Florida. Gainesville, Florida Cooperative, Extensión Service. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 35 p.
- León, R; Soto, G. 1997. Inventario preliminar sobre la fauna de arañas en el cultivo de naranja (*Citrus sinensis*) en la Estación Experimental. Enrique Jiménez Núñez, Cañas, Guanacaste *In* Congreso Costarricense de Entomología (4, 1997, San José, Costa Rica). Memoria. San José, Costa Rica, ASENCO. p.39.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (Costa Rica). 1988. Estimación del área sembrada de cítricos (*Citrus* spp.) en plantaciones compactas en la zona norte del país 14 p.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (Costa Rica); Instituto Tecnológico de Costa Rica. Comité Sectorial Agropecuario Región Huetar Norte 1989. Análisis de la naranja en la Región Huetar Norte. 44 p.
- Monge, NJ; Retana, AP; Arias, J. 1990. Distribución de insectos escamas (Homoptera: Coccoidea) en *Citrus* y eclosión del parasitoide *Aphytis* (Hymenoptera: Aphelinidae) *Agronomía Costarricense* 14(2):241-246.
- Perfecto, I. 1989. The potencial of ants as agents of biological control in the maiz agroecosytem in Nicaragua. Disertation PhD. Universidad de Michigan.

Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación

Escuela de Posgrado

Más de medio siglo al servicio del desarrollo agrícola,
de los recursos naturales y el bienestar rural de América Latina y el Caribe

Doctorado conjunto (Ph.D.) en:

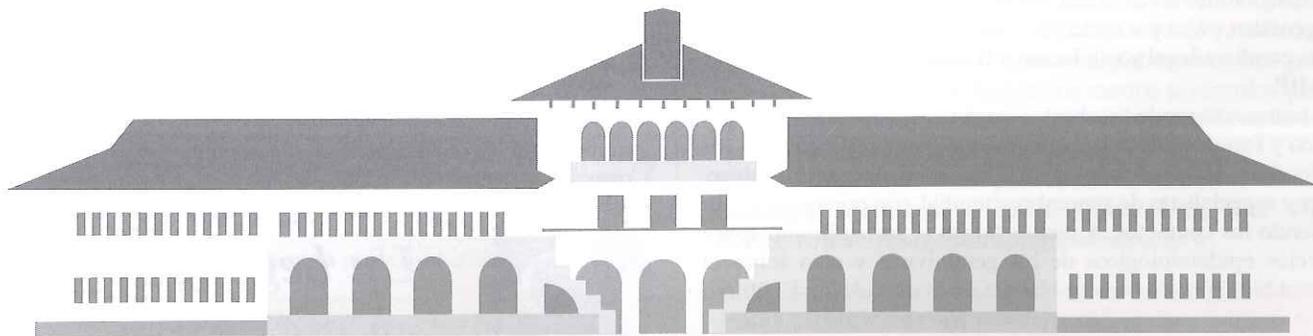
- I. Ciencias Forestales Tropicales
- II. Agroforestería Tropical

Universidades asociadas al CATIE:

- Universidad Estatal de Colorado (Fort Collins-EUA)
- Universidad Estatal de Louisiana (EUA)
- Universidad Texas A & M (EUA)
- Universidad de Florida (Gainesville - Florida - EUA)
- Universidad de Freiburg (Alemania)
- Universidad de Gottingen (Alemania)
- Universidad de Gales (Reino Unido)

Maestría (M.Sc.) en:

- I. **Agricultura Ecológica, con énfasis en:**
 - Recursos Fitogenéticos y Biotecnología.
 - Manejo Integrado de Plagas.
- II. **Agroforestería Tropical, ofrece oportunidad para profundizar en:**
 - Sistemas agroforestales con cultivos perennes;
 - Sistemas agroforestales con cultivos anuales y
 - Sistemas silvopastoriles para pasturas degradadas
- III. **Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad, con énfasis en:**
 - Manejo y Silvicultura de Bosques.
 - Conservación de la Biodiversidad.
- IV. **Socioeconomía Ambiental, con énfasis en:**
 - Administración y Gerencia Ambiental.
 - Economía y Sociología Ambiental.



Producir conservando, conservar produciendo®

Solicite información a:

Escuela de Posgrado / CATIE, 7170, Turrialba, Costa Rica Tel. (506) 556 1016/6431 Fax (506) 556 0914/1533
Correo electrónico: posgrado@catie.ac.cr Internet: <http://www.catie.ac.cr>

MOSCA BLANCA AL DIA

Coordinador: Luko Hilje
(lhilje@catie.ac.cr)

No. 39

Junio, 2002



Nota editorial

¿Nuevos tiempos de crisis? Creemos que, lamentablemente, sí. Desde hace mucho tiempo venimos insistiendo en que existe la sensación, entre muchos agricultores y técnicos, de que los problemas causados por el complejo mosca blanca-geminivirus están superados. Este tema provocó un interesante debate durante el *X Taller*, realizado en Cuba, donde más bien se reconoció que dicho complejo, por lo dinámico que es en términos genéticos y agroecológicos, podría dar origen a situaciones fitosanitarias inéditas. Y así nos lo demuestra hoy la cruda realidad: la pérdida de unas 1000 ha de melón en Guatemala debidas a geminivirus en 2001, y de muy serios problemas en Brasil, tanto en unas 6000 ha de melón por virosis desconocidas (sobre lo cual se informará en el próximo *MBDía*), de daño directo en uva, y de la aparición de un geminivirus en maracuyá. Sin duda, razones suficientes para no bajar la guardia y mantenernos unidos, impulsando cada vez con más fuerza nuestro *Plan de Acción*.



XI Taller

El *XI Taller Iberoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus* se efectuará en el Hotel Príncipe, en Barquisimeto (Lara), Venezuela, del 26 al 29 de noviembre de 2002. Esta vez no habrá informes de cada país, sino charlas magistrales sobre temas críticos, así como carteles, acompañados por discusiones amplias sobre el estatus del avance de nuestro *Plan de Acción* en las siguientes áreas temáticas o tácticas de manejo: combate fitogenético, prácticas agrícolas, control biológico, combate químico, combate legal y validación y transferencia de tecnologías de MIP.

Los temas críticos de las charlas magistrales (mejoramiento genético y fortalecimiento de cultivos mediante fertilización), los cuales fueron identificados en el *X Taller* (Cuba), serán cubiertos por especialistas de renombre mundial, con quienes se están haciendo los contactos. A dichos temas se sumarán uno sobre aspectos epidemiológicos de los geminivirus y otro sobre el control biológico de moscas blancas en invernaderos. El último día se destinará al cursillo intensivo *Nuevos enfoques y herramientas para el manejo del complejo mosca blanca-geminivirus*, a cargo de expertos nacionales e internacionales.

Las cuotas de inscripción serán: profesionales extranjeros (US\$ 200), estudiantes extranjeros (US\$ 100), profesionales nacionales y otros (US\$ 100), y estudiantes nacionales (US\$ 50). En el próximo *MBDía* se aportará información más deta-

llada sobre otros aspectos. **Contacto:** Dr. Jorge Salas, Presidente del Comité Organizador, xitallermbgeminivirus@hotmail.com



Congreso Brasil

Del 16 al 21 de junio se realizó en Manaus, Brasil, el *XIX Congreso Brasileño de Entomología*, en el cual se presentaron 40 carteles sobre el complejo mosca blanca-geminivirus. Por su interés general, incluiremos algunos en este y el próximo *MB Día*. Además, se efectuó la mesa redonda *Situación actual de Bemisia tabaci en Brasil y América Central*, coordinada con éxito por el Dr. André Luiz Lourenção, del Instituto Agronômico de Campinas (IAC) (andre@cec.iac.br), cuyo contenido se recogió en un disco compacto. Los temas cubiertos fueron:

- *Geminivirosis asociadas con el complejo Bemisia tabaci, con énfasis en el estado de São Paulo* (Dr. Valdir A. Yuki, IAC, São Paulo)
- *Muestreo y control biológico de Bemisia tabaci (biotipo B) con parasitoides y depredadores* (Dr. Odair A. Fernandes, UNESP, São Paulo)
- *Resistencia de plantas de interés económico a Bemisia argentifolii* (Dra. Geni L. Villas Bôas, EMBRAPA, Brasília)
- *El uso racional de insecticidas en el manejo de Bemisia tabaci (biotipo B)* (Representantes de la empresas Bayer do Brasil, Hokko do Brasil, Iharabras S/A, Syngenta, e IRAC-BR)
- *Manejo de Bemisia argentifolii en el nordeste brasileño* (Dra. Francisca Nemauro Pedrosa Haji, EMBRAPA, Petrolina)
- *Manejo de Bemisia tabaci en América Central y el Caribe: la experiencia de un decenio* (Dr. Luko Hilje, CATIE, Costa Rica)

Agradecemos al Dr. Lourenção y al Comité Organizador del Congreso la invitación a participar, la cual también aprovechamos para coordinar varios aspectos del *Plan de Acción*.



Un begomovirus en maracuyá

En setiembre de 2001 se inspeccionaron varias parcelas de maracuyá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) en el sur de Bahía (en el nordeste de Brasil), en las que se verificó la presencia de altas poblaciones de *Bemisia tabaci* (biotipo desconocido) en dicho

cultivo y en malezas. La especie fue identificada por el Dr. Jon H. Martin (The Natural History Museum, Inglaterra), a quien se le remitieron hojas con "pupas" y "puparios". En el envés de las hojas había gran cantidad de huevos, ninfas y adultos (Fig. 1), lo cual demuestra que el maracuyá es un hospedante reproductivo de esta plaga. Además, se observó alta incidencia de una enfermedad caracterizada por un fuerte mosaico amarillo, con hojas deformes y pequeñas (Fig. 2). Los análisis posteriores confirmaron que las plantas estaban infectadas por dos virus, el *Passion fruit woodiness virus* (PWV) y un begomovirus (Geminiviridae) (Novaes et al., *XXV Congresso Paulista de Fitopatologia*, 2002). Se efectuaron pruebas de transmisión con *B. tabaci* recolectadas directamente de plantas afectadas (en 20 plántulas de maracuyá, colocando unos 20 adultos por planta), lo cual permitió verificar que hubo transmisión del virus en cinco plántulas (25%). Curiosamente, al realizar inspecciones en parcelas de maracuyá en la región de Marília (estado de São Paulo), al sur del país, no se constató la presencia de moscas blancas colonizando dicho cultivo. En dos intentos de transmisión del begomovirus del maracuyá por *B. tabaci* (biotipo B), el cual es común en el estado de São Paulo, no hubo transmisión del geminivirus.

(Información aportada por el Dr. Valdir Atsushi Yuki, del Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) (vayuki@cec.iac.br), de un trabajo realizado en conjunto con sus colegas Quélmo S. Novaes, Abel R. São José, Jorge A. M. Rezende y Elliot W. Kitajima).



Figura 1. Hojas de maracuyá infestadas por *B. tabaci*.



Figura 2. Síntomas de begomovirus en maracuyá.



Congreso mundial

Como se informó en *MBDía* anterior, el *Bemisia Workshop 2003* se efectuará en Barcelona (España), del 17 al 20 de marzo de 2003. Su principal objetivo será discutir los hallazgos más recientes en cuanto a la bioecología y manejo de las moscas blancas. El límite para presentar trabajos es el 17 de

octubre. Los temas previstos son: biología de *B. tabaci* (incluyendo aspectos de taxonomía, morfología, historia natural y biotipos) y su dinámica poblacional; relaciones virus-vector y su epidemiología; combate químico y manejo de la resistencia a insecticidas; control biológico (biología de enemigos naturales, efectos colaterales de insecticidas sobre insectos entomófagos, etc.); prácticas agrícolas (plásticos y mallas reflectoras, coberturas al suelo, etc.); resistencia varietal al insecto y a sus virus asociados; y métodos y prácticas de manejo integrado de plagas. **Contactos:** www.irta.es/bemisia2003 y bemisia200@otac.com **Coordinadoras:** Dra. Rosa Gabarra (Rosa.Gabarra@irta.es) y Dra. Cristina Castañé (Cristina.Castane@IRTA.es).



Genotipos de tomate

Se evaluaron varios genotipos de tomate, pertenecientes a diferentes especies, en cuanto a su atracción hacia los adultos de *Bemisia tabaci* (biotipo B), y su respuesta de oviposición, en el invernadero. Se efectuó un experimento con un diseño de bloques al azar, en parcelas subdivididas, con tres repeticiones. Como inóculo, se introdujeron plantas de soja muy infestadas con ninfas, entre 40-45 días después del trasplante. Se contó el número de adultos (vivos y muertos) y huevos en el haz y el envés de tres folíolos, durante cinco semanas. Además, se determinó el área foliar para cada genotipo, para obtener un índice de infestación (por cm²). No hubo diferencias significativas entre genotipos ni evaluaciones en relación con el número de adultos vivos en el haz, aunque sí en el envés. Los genotipos menos atractivos fueron LA716 (*Lycopersicon pennellii*) y PI134417 (*L. hirsutum* f. *glabratum*), mientras que LA1609 (*L. peruvianum*) destacó como uno de los más atractivos. En LA716 se registró el mayor número de adultos muertos en ambas caras de los folíolos, debido a un exudado adhesivo de los tricomas glandulares al cual se pegan los adultos. Se observó un fenómeno similar en LA1739, LA1740 y PI127826 (*L. hirsutum*) y en PI134417 e PI134418 (*L. hirsutum* f. *glabratum*). Los genotipos LA716 y PI134418 fueron los menos preferidos para la oviposición en ambas caras, y los más preferidos en el envés fueron CNPH1039, Japão y LA1609.

(Información aportada por la Dra. Marilene Fancelli, Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, Bahía, Brasil. fancelli@cnpmf.embrapa.br).

ESTE BOLETIN ESTA DISPONIBLE POR CORREO ELECTRONICO,
YA SEA DENTRO DE LA REVISTA MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS,
O EN LAS SIGUIENTE DIRECCION:
<http://www.catie.ac.cr.moscablanca>

PLAGAS FORESTALES NEOTROPICALES



Jorge Macías (jmacias@tap-ecosur.edu.mx)
Marcela Arguedas (marguedas@itcr.ac.cr)
Luko Hilje (lhilje@catie.ac.cr)
EDITORES

No. 6

Junio, 2002

NOTA EDITORIAL

Esta nueva edición nos permite constatar, con los informes de colegas de Nicaragua y Chile, sumados a los de México y Costa Rica, que el Boletín empieza a ser reconocido como una importante herramienta para el intercambio de información y experiencias en nuestro continente. Esperamos que esto estimule a colegas de otros países a enviarnos información. Asimismo, para enriquecer nuestra visión, perspectivas y cobertura geográfica, a partir del próximo número se nos unirá como coeditor el Dr. José Cola Zanuncio, a quien invitamos durante el *XIX Congreso Brasileño de Entomología*, realizado en Manaus a mediados de junio. De hecho, en dicho evento se presentaron numerosos trabajos, sobre los cuales se informará en el próximo número del Boletín.

NUEVA PLAGA DE CEDROS

En Nicaragua, se ha observado el ataque de una nueva plaga del cedro real (*Cedrela odorata*), el barrenador del fuste *Chrysobothris* sp. (Coleoptera: Buprestidae), que en 2002 y 2001 provocó la pérdida de arbolitos de 60-150 cm de altura. Este es un nuevo registro para el país, y quizás para el resto de América Central, según el taxónomo Jean Michael Maes. Se trata de una especie no reportada aún en la literatura, cuyas larvas se alojan en la base del tallo, en donde empupan y completan el ciclo de vida. El inicio del ataque se detecta por la presencia de un exudado cerca de la base del tallo, y después la corteza adquiere un color oscuro en la parte afectada. Posteriormente, ésta puede presentar un hundimiento y agrietamientos y, debido a un problema mecánico, los arbolitos se quiebran a la altura de la lesión. En México se conoce de *C. yucatanensis*, que es una plaga importante del cedro, y afecta sobre todo arbolitos con diáme-

tros menores de 5 cm (Rodolfo Campos, com. pers.). Se ha observado que la parte basal del fuste más expuesta al sol es más susceptible al ataque de la plaga, por lo que se recomienda mantener pintada con cal una franja basal de unos 30 cm. (*Información aportada por Alberto Sediles (UNA) y Zaida Zúniga (INAFOR), sediles@hotmail.com*)

REPELENTE DE HYPSSIPYLA

En años recientes, en el CATIE se ha estado investigando sobre sustancias repelentes o disuasivas de *Hypsipyla grandella* presentes en extractos naturales. De una lista inicial de 30 extractos, seis resultaron promisorios, sobre los cuales se han publicado los siguientes trabajos, que están disponibles en forma gratuita. **Contacto:** Luko Hilje. MANCEBO, F; HILJE, L; MORA, GA; SALAZAR, R. 2000. Antifeedant activity of *Quassia amara* (Simaroubaceae) extracts on *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae) larvae. *Crop Protection* 19(5): 301-305. MANCEBO, F; HILJE, L.; MORA, GA; CASTRO, VH; SALAZAR, R. 2001. Biological activity of *Ruta chalepensis* (Rutaceae) and *Sechium pittieri* (Cucurbitaceae) extracts on *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae) larvae. *Revista de Biología Tropical* 49(2): 501-508. MANCEBO, F; HILJE, L; MORA, GA; SALAZAR, R. 2002. Biological activity of two neem (*Azadirachta indica* A. Juss., Meliaceae) products on *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae) larvae. *Crop Protection* 21 : 107-112.

TALLERES DESCORTEZADORES

No cabe duda del impacto de los descortezadores (Scolytidae) en los recursos forestales de la región. Por tanto, incluso instituciones no relacionadas directamente con el mane-

jo del bosque han promovido y apoyado la oferta de cursos al respecto. Así, del 16 al 18 de mayo se ofreció el *II Taller Internacional de Descortezadores de Coníferas*, en el Parque Nacional Lagunas de Montebello (Chiapas, México), financiado por la iniciativa del Corredor Biológico Mesoamericano, con el apoyo de la SEMARNAT, el Instituto Tecnológico de Comitán y ECOSUR. Asistieron 30 técnicos de Nicaragua, El Salvador, Guatemala, Honduras y México, quienes recibieron valiosa información, con énfasis en los fundamentos biológicos y ecológicos del manejo de descortezadores.

Actualmente se planea (como se informó en números previos de este boletín) la realización de un seminario-taller, posiblemente para finales de 2002 en Honduras, para desarrollar una *Estrategia Regional para el Manejo de Descortezadores e Incendios en Centro América*. Este evento sería auspiciado por el Norwegian Trust Fund, el International Development Bank (BID) y la US Agency for International Development (AID). Pronto se dispondrá de información más detallada. **Contacto:** Jorge Macías.

CONTROL BIOLÓGICO EN CHILE

Durante los últimos cinco años se han introducido a Chile en forma accidental varias especies organismos dañinos para el sector forestal, siendo muchas veces necesario su combate, para eliminar o minimizar sus efectos negativos. En este sentido, el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), que corresponde a la Organización Nacional de Protección Fitosanitaria de Chile, ha desarrollado programas específicos de control a través de la introducción de enemigos naturales, en lo cual también muchas veces ha participado el sector privado, a través de la Controladora de Plagas Forestales (CPF).

Un número importante de los agentes dañinos exóticos corresponden a insectos que afectan en forma exclusiva a los eucaliptos. Destacan el gorgojo de los eucaliptos, *Gonipterus scutellatus* (Coleoptera, Curculionidae), varios taladradores de los eucaliptos, *Phoracantha* spp. (Coleoptera, Cerambycidae) y el psílido de los eucaliptos azules, *Ctenarytaina eucalypti* (Hemiptera, Psyllidae). Sobre estas plagas se han desarrollado los siguientes programas de control de biológico, conducidos por el Ing. Marcos Beéche (SAG), basados en la introducción de parasitoides específicos:

***Gonipterus scutellatus*.** Esta plaga fue detectada por primera vez en Chile en 1998, en la provincia de Los Andes, V Región, donde ha permanecido bajo Control Oficial. La prime-

ra introducción correspondió a *Anaphes nitens* (Hymenoptera, Mymaridae), parasitoide de huevos de *G. scutellatus*, recolectado en Sudáfrica durante octubre de 1998. Se liberó en Chile a fines de ese año, logrando un rápido y eficaz control de la plaga en el área infestada.

***Phoracantha* spp.** En Chile han ingresado dos especies de *Phoracantha*. *P. semipunctata* lo hizo hace más de 30 años y *P. recurva* se detectó por primera vez en 1997. Durante el 2000 se introdujo desde Sudáfrica el parasitoide *Avetianella longoi* (Hymenoptera, Encyrtidae), que ataca los huevos *Phoracantha* spp. Tras ser liberado, los primeros resultados indican que el parasitoide se ha establecido en el país, pero aún no alcanza niveles óptimos de control, debido a que su insecto hospedante posee una sola generación al año, lo que hace más lento su accionar sobre la población de la plaga.

***Ctenarytaina eucalypti*.** Esta plaga fue detectada por primera vez en Chile en 1999 y se ha dispersado rápidamente a lo largo del país. Por tanto, se introdujo *Psyllaephagus pilosus* (Hymenoptera, Encyrtidae), parasitoide de las ninfas de dicha plaga. A tan solo un año de su introducción, desde Perú (junio, 2001), se ha logrado controlar en forma exitosa a esta plaga en la zona de norte del país, donde se liberó primero. Debido a que el parasitoide se liberó en forma más tardía en las zonas más sureñas, las primeras evaluaciones están pendientes.

(Información aportada por Ing. Ariel Sandoval Clavería, SAG, ajasc@yahoo.com).

NUEVAS PUBLICACIONES

- *Pest outbreaks in tropical forest plantations: Is there a greater risk for exotic tree species?* (K.S.S. Nair), publicado por CIFOR (Indonesia). Valioso aporte conceptual y práctico, que analiza, utilizando nueve estudios de caso, el riesgo de brotes poblacionales de insectos en especies forestales exóticas. **Contacto:** cifor@cgiar.org o <http://www.cifor.cgiar.org>
- *Hypsipyla shoot borers in Meliaceae* (R.B. Floyd y C. Hauxwell), publicado por ACIAR (Australia). Es el resultado de un taller internacional realizado en Sri Lanka, en agosto de 1996, en el cual se hizo una revisión comprensiva y exhaustiva del conocimiento disponible sobre los miembros del género *Hypsipyla*, y especialmente de *H. robusta* y *H. grandella*. Contiene 14 informes de países del Viejo Mundo, así como 16 capítulos referidos a la bioecología y el manejo de ambas plagas.

POR FAVOR, DISTRIBUYA ESTE BOLETÍN A TODOS LOS INTERESADOS QUE CONOZCA



Control Biológico de Malezas

Vera Sánchez Garita, Coordinadora
(sanchezv@catie.ac.cr)

No. 1

Junio, 2002

EDITORIAL

El interés en el control biológico de malezas mediante insectos y patógenos, entre otros, se ha incrementado de manera significativa en el último decenio, debido a los problemas ambientales causados por los plaguicidas, al interés de la población en alimentos sin residuos de productos agroquímicos, y al desarrollo de resistencia por parte de algunas especies de malezas a los herbicidas más usados.

En algunos países latinoamericanos se han efectuado trabajos en control biológico de malezas, como en Brasil, Chile, Argentina y Costa Rica. Sin embargo, la mayoría de la investigación en esta temática se ha realizado en Australia, Canadá, Estados Unidos, Sudáfrica y Nueva Zelanda. No obstante, las experiencias de estos países podrían ser aprovechadas en proyectos de control de malezas en fincas, parques y áreas de conservación en países latinoamericanos.

Un aspecto clave para avanzar en el desarrollo del control biológico de malezas es la difusión de información y la capacitación a quienes podrían posteriormente implementar programas de control biológico en sus países, así como programas cooperativos regionales con el apoyo de agencias internacionales.

CURSO LATINOAMERICANO

El *Primer Curso Latinoamericano de Control Biológico de Malezas*, se realizó en Montelimar, Nicaragua, del 24 al 28 de junio. Su objetivo fue ofrecer los principios y conceptos básicos del control biológico de malezas mediante insectos y patógenos. Además se brindó información sobre los avan-

ces y procedimientos utilizados en programas exitosos. El curso fue organizado por la Universidad de Florida (EE.UU.) y la Universidad Nacional Agraria de Nicaragua (UNA), y coordinado por el Dr. Julio Medal (U. Florida), con el apoyo de James Cuda (U. Florida), Alberto Sediles y Freddy Alemán (UNA), Hernán Norambuena (INIA, Chile) y Daniel Gandolfo (USDA-ARS, Argentina).

Como parte de los acuerdos tomados en este evento está la creación de una red de información, que producirá el presente boletín, *Control Biológico de Malezas*, dentro de la Revista *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Dicha revista, con 16 años de trayectoria en fitoprotección y agricultura sostenible, ofrece un espacio a este boletín como una contribución a los países mediante la difusión de información sobre alternativas de producción sostenible y la conservación de los recursos naturales.

Por tanto, a partir de hoy ponemos a su disposición este boletín y esperamos la contribución de todos los colegas que están desarrollando actividades en el tema. En el boletín se incluirán resúmenes de información ofrecida en el curso, así como avances de investigación, congresos, proyectos, publicaciones, contactos, etc. Esta primera edición incluye una lista de especialistas que colaboraran con el boletín, sitios de interés en internet, entre otros.

GRUPO DE INTERES

Como parte de los resultados del reciente evento sobre Control Biológico de Malezas se estableció un grupo de interés, en el cual participan 96 colegas de Latinoamérica,

Estados Unidos y Canadá. Esperamos que se nos unan muchos colegas más a este grupo y tener una participación activa de todos los miembros ofreciendo información y como un medio de discusión en el tema. El objetivo de este grupo de interés es disseminar información en forma electrónica, y contar con un foro de discusión, así como mantener este boletín. El grupo está coordinado por Vera Sánchez Garita, en el CATIE (sanchezv@catie.ac.cr) y cualquier información para circular al grupo pueden dirigirla a esta dirección.

COLABORADORES DEL BOLETIN

Julio Medal, University of Florida. Department of Entomology and Nematology. Gainesville, Florida (medal@mail.ifas.ufl.edu).

Roberto Barreto, Universidade Federal do Viçosa, Minas Gerais, Brasil (rbarreto@mail.ufv.br)

Raghavan Charudattan, University of Florida. Plant Pathology Department. Gainesville, Florida (re@mail.ifas.ufl.edu)

James Cuda, University of Florida. Department of Entomology and Nematology. Gainesville, Florida (jcuda@mail.ifas.ufl.edu)

Harry Evans, CABI Bioscience. Ascott, United Kingdom. (h.evans@cabi.org)

Daniel Gandolfo, USDA-ARS Laboratorio de Control Biológico. Hurlingham, Argentina (gandolfo@mail.retina.ar)

Ernesto Lasso de la Vega, Lee County Hyacinth Control District. Fort Myers, Florida (ernesto@peganet.com)

Alec McClay, Alberta Research Council. Vegreville, Canadá (alec@arc.ab.ca)

Hernán Norambuena. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Temuco, Chile (hnorambu@carillanca.inia.cl)

J. Henrique Pedrosa, Universidad Federal do Paraná, Curitiba, Brasil. (johpema@netpar.com.br)

Robinson Pitelli, Universidade Estadual Paulista de Jabotical, Sao Paulo, Brasil (pitelli@fcav.unesp.br)

Abelino Pitty. El Zamorano, Honduras (apitty@zamorano.edu)

Freddy Alemán, Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. (freddy@ibw.com.ni)

Jean-Michel Maes, Museo Entomológico. León, Nicaragua (jmmaes@ibw.com.ni)

Reinaldo Alvarez Puente. Ministerio de Educación Superior. Cuba (reinaldo@fame.uclv.edu)

Francisco Badilla, BioAsesoría Internacional. San José, Costa Rica. (franbad@sol.racsa.co.cr)

PUBLICACIONES Y RECURSOS

El Centro de Tecnología de Información y Transferencia sobre Plagas (CPITT) de Australia ha producido un disco compacto interactivo sobre Control Biológico de Malezas. Este incluye técnicas fundamentales para diseñar e implementar proyectos exitosos de control biológico de malezas. Esta herramienta incluye información textual, imágenes y videos y permite una navegación flexible que se adapta a las necesidades de los usuarios. Además es útil como módulo de enseñanza. Este disco puede ser utilizado en una versión demostrativa en: [http://www.cpitt.uq.edu.au/software/WeedBiocontrol/Contacto:Weed Biocontrol, CPITT, Hartley-Teakle Bldg., Univ. of Queensland, Brisbane, QLD 4072, Australia. Fax: 61-0-7-3365-1855, weedbiocontrol@cpitt.uq.edu.au](http://www.cpitt.uq.edu.au/software/WeedBiocontrol/Contacto:WeedBiocontrol,CPITT,Hartley-TeakleBldg.,Univ.ofQueensland,Brisbane,QLD4072,Australia.Fax:61-0-7-3365-1855,weedbiocontrol@cpitt.uq.edu.au)

SITIOS EN INTERNET

El Laboratorio de Control Biológico de Malezas (WBCL) del Research Centre de Canadá desarrolló un sitio o portal en Internet con información sobre malezas, incluyendo para cada especie, el nombre científico y nombres comunes, biología y resultados del control biológico. También contiene información extensa sobre los agentes de control biológico utilizados y resultados de la evaluación de esos agentes y la tasa de eficacia de los métodos utilizados). Además tiene otros sitios de internet sobre el tema, contactos, etc. La dirección de este sitio es: <http://res2.agr.gc.ca/lethbridge/weedbio/index.htm>

ESTE BOLETIN PUEDE SER REPRODUCIDO Y DISTRIBUIDO A PERSONAS INTERESADAS



Programa Regional de Acción y Demostración de opciones sostenibles para el control de la malaria sin el uso de DDT en México y América Central¹

Luiz A. Galvão²
Samuel Henao³

Antecedentes

La malaria es un problema transfronterizo que afecta a la mayoría de los países tropicales. Es una infección protozoaria transmitida a los seres humanos por un mosquito anofeles infectado, el cual pica principalmente entre el ocaso y la salida del sol. La malaria humana es causada por cuatro especies de protozoos del género *Plasmodium*: *P. falciparum*, *P. vivax*, *P. ovale* y *P. malariae*. En América Central y México los principales vectores de la malaria son *Anopheles pseudopunctipennis*, *A. albimanus* y *A. vestitipennis*. Se calcula que 89 128 000 personas en Mesoamérica viven en zonas ambientalmente apropiadas (temperaturas y humedad altas) para la transmisión de la malaria. De la cifra mencionada, 23 445 000 de personas (35%) viven en zonas sumamente endémicas. La migración de personas infectadas y las condiciones ambientales, como régimen de lluvias, altitud y temperatura, facilitan la difusión de la enfermedad a través de las fronteras nacionales. Sólo un enfoque regional integrado puede resolver los retos humanos y ambientales que la malaria presenta en zonas proclives.

Desde los años 50, en México y América Central se usó ampliamente el DDT como insecticida para la agricultura y el control de vectores de la malaria. No sólo se ha asperjado en viviendas, sino también en superficies acuáticas,

en un intento por controlar la reproducción de los mosquitos. Durante los años 80 y 90, las inquietudes por la contaminación ambiental causada por los compuestos de DDT y la aparición de resistencia por los vectores a los insecticidas organoclorados, causó que los países iniciaran políticas para eliminar gradualmente el uso de este producto. La evaluación hecha durante la fase de formulación y preparación del proyecto reveló que en los 40 últimos años se aplicaron al menos 85 000 t de DDT en viviendas y sus alrededores en las zonas de malaria endémica.

El DDT y sus metabolitos, especialmente *p,p'*-DDE, son compuestos tóxicos sumamente estables que persisten en el ambiente por muchos años y pueden acumularse en los organismos vivos. Pueden persistir durante decenios en el suelo, combinados con sustancias orgánicas y partículas de arcilla. El DDT se transporta por el ciclo del agua, mediante la precipitación y la escorrentía de aguas superficiales, y también puede transportarse a zonas remotas de la atmósfera, por lo cual contribuye a la contaminación ambiental a nivel mundial. La preocupación por los residuos de DDT en el agua, el sedimento y el suelo, así como en la cadena alimenticia en México y América Central, se vio reforzada por los datos de informes subregionales y nacionales producidos durante la fase preparatoria.

¹ Proyecto presentado al FMAM, por Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua y Panamá. Organismo Solicitante PNUMA, organismo ejecutor: OPS

² Coordinador Programa Calidad Ambiental, OPS, Washington, EEUU.

³ Asesor Regional Programa Calidad Ambiental, OPS, Washington, EEUU. henaosam@paho.org

También son de interés los efectos sobre la salud, a largo plazo, de estos compuestos en el personal de la campaña contra la malaria expuesto al aplicar el DDT, o las poblaciones que residían en los pueblos donde estos plaguicidas se aplicaron, aunque los efectos específicos no se comprenden bien. La concentración media de DDT y DDE, medida en la sangre entera, fue de 68 y 87µg/l para los niños que vivían en Chiapas y 27 y 61µg/l para los adultos, respectivamente. Los encargados de la pulverización en Chiapas tenían los niveles más altos de exposición, con 170 y 190µg/l de DDT y el DDE. Como se esperaba, los niveles de DDT fueron inferiores dos años después de la aplicación final en Oaxaca (20 y 13µg/l para los niños y los adultos, respectivamente). A 60 recién nacidos se les analizó la sangre del cordón umbilical en la zona costera de Oaxaca, y se encontró un nivel medio de DDE de 13µg/g. En Oaxaca, la exposición al deltametrín se evaluó sólo en los niños: 50% del grupo expuesto tenía niveles urinarios encima del límite de la detección, y 6% mostraba niveles por encima de 25µg/l (cinco veces el límite de detección), con una tendencia negativa por edad. La mayoría de estos países centroamericanos tienen escasa documentación sobre el nivel de DDT residual.

Si el FMAM no interviene, dados los bajos presupuestos nacionales para el control de la malaria, la debilidad de los sistemas nacionales de salud, y la falta de conciencia a nivel institucional y de la comunidad acerca de los efectos sobre el ambiente y la salud humana de la exposición al DDT, es probable la reintroducción del DDT para el control de la malaria, en particular considerando su bajo costo y relativa eficacia como insecticida. Países como Guatemala, Honduras y Belice, donde la lucha contra la malaria a nivel nacional ha sido débil, quizá contribuyan a aumentar el problema regional debido a la propagación transfronteriza de la enfermedad. Los beneficios de iniciativas aisladas para encontrar nuevas técnicas de control de vectores de la malaria, que han prosperado en México, Costa Rica, Nicaragua y Panamá durante los últimos años, podrían perderse debido a la falta de coordinación e intercambio de experiencias. La experiencia reciente de Sudáfrica, en donde se recurrió al DDT para combatir un brote de malaria, ejemplifica la dificultad de reducir progresivamente el DDT de manera sostenible, y la necesidad de demostrar de manera concluyente la eficiencia de otras opciones.

Organismo ejecutor

La OPS ha recibido una exhortación del PNUMA para que desempeñe una función estratégica en América Latina y el Caribe en la ejecución de la Decisión del Consejo de Administración 19/13C (1997) que ordena una serie de acciones inmediatas acerca de los COP, incluido el intercambio de información. Como parte de la iniciativa para el Desarrollo Sostenible de la Región Centroamericana, la OPS, con apoyo decidido de los Países Nórdicos, ha venido desarrollando el Programa "Medio Ambiente y Salud en el Istmo Centroamericano", conocido por su sigla MASICA (1990). Este programa se ha centrado en la obtención de compromisos políticos de integrar acciones referentes al ambiente, la salud y el desarrollo. Uno de sus componentes principales es el Proyecto PLAGSALUD (Aspectos Ocupacionales y Ambientales de los Plaguicidas en el Istmo Centroamericano), establecido en 1994 con financiamiento de DANIDA. Usando un enfoque de la base hacia la cúspide, este proyecto se lleva a cabo en los siete países Centroamericanos desde hace seis años. El proyecto goza del apoyo del gobierno y de la sociedad civil, y ya ha logrado resultados importantes como el mejoramiento de la vigilancia y el control de la intoxicación aguda por plaguicidas, la revisión de la legislación sobre plaguicidas, el establecimiento de comités locales sobre plaguicidas, y más específicamente el aumento de la protección contra la exposición a los plaguicidas por personal de control de la malaria y otros vectores. Esta propuesta se basará en el trabajo ya realizado por PLAGSALUD, y lo complementará.

Objetivos y resultados

El objetivo general del proyecto es demostrar que los métodos para el control de vectores de la malaria sin DDT u otros plaguicidas persistentes son repetibles, eficaces en función de sus costos y sostenibles, previniendo así la reintroducción del DDT en la región. La salud humana y el ambiente estarán protegidos en México y América Central con la promoción de nuevos enfoques para el control de la malaria, como parte de un programa regional integrado y coordinado. El establecimiento de una red regional facilitará, entre los países vecinos, el intercambio de prácticas adecuadas y lecciones aprendidas. Un resultado importante será una mayor conciencia a nivel de gobierno y comunidad local sobre el DDT y otros riesgos de los plaguicidas para el ambiente y la salud humana, y el ajust-

te del comportamiento futuro en lo referente al uso de plaguicidas persistentes.

Los resultados de este proyecto serán observables a tres niveles diferentes: **i)** A nivel nacional: cada uno de los países participantes tendrá documentación de un proyecto de demostración bien supervisado, para el control de los vectores de la malaria sin utilizar DDT ni otro plaguicida persistente; **ii)** a nivel regional: se intercambiarán las experiencias adquiridas en cada país y se formará un consenso regional; **iii)** a nivel mundial: los resultados de este proyecto definirán modelos repetibles para el control de la malaria basado en estrategias eficaces en función de los costos, ecológicamente racionales y sostenibles. Estos modelos, que se probarán a fondo y se documentarán en una serie de proyectos de demostración interconectados, constituirán un conjunto de prácticas adecuadas que pueden aplicarse en otras regiones del mundo.

Actividades del proyecto

Componente 1: *Proyectos de demostración y difusión.* El objetivo es implementar, evaluar y difundir alternativas para el control de vectores de la malaria sin DDT, que se desarrollaron durante la fase preparatoria. El resultado principal será evitar la reintroducción futura del DDT u otros plaguicidas persistentes en programas nacionales de control de malaria. Este componente representa la parte principal de este proyecto y la mayoría de los recursos estarán concentrados en él. Se pondrá en práctica un total de nueve proyectos de demostración en condiciones ecológicas específicas, en cada uno de los países participantes, usando un conjunto de métodos integrados de control de la malaria según la iniciativa "*Hacer retroceder el paludismo*", de la OMS, y la experiencia mexicana del control de la malaria sin DDT. Los nueve sitios para los proyectos de demostración se definieron y se delimitaron en cada país durante la fase preparatoria, según las sugerencias de los gobiernos y con base en las necesidades locales. Las opciones probadas en cada proyecto de demostración se estudiarán a profundidad y se evaluarán por su eficacia técnica y económica.

Las áreas de demostración incluyen diferentes vectores de la malaria, niveles endémicos de la enfermedad, condiciones ambientales y socioeconómicas. Un manual técnico proporcionará información básica sobre el control de vectores de la malaria sin uso del

DDT, considerando las diferentes especies de vectores y condiciones ecológicas de cada país. Se organizarán talleres locales para el personal de las áreas de salud y ambiente, los líderes de la comunidad y las ONG participantes en cada proyecto de demostración. Se facilitará el intercambio de información y experiencias de los países participantes sobre la ecología y la entomología de los vectores de la malaria, los métodos integrados de control, las operaciones sobre el terreno y las técnicas de participación comunitaria. La conciencia de la comunidad, su adiestramiento y la participación pública son herramientas importantes en la ejecución de las estrategias integradas de control de vectores, las cuales se promoverán y apoyarán con talleres, cursos de adiestramiento, participación en proyectos de demostración, preparación de material de difusión, campañas para los medios de comunicación y actividades educacionales, entre otros.

Un sistema de información a nivel regional sobre el DDT y el control de la malaria será la base para el acopio y la difusión de los datos adecuados para las necesidades de los gobiernos en su proceso de adopción de decisiones. Los enlaces con otras regiones del mundo facilitarán el intercambio de la información relacionada con el control de la malaria, así como la participación y difusión de los resultados de los proyectos de demostración a nivel mundial. La plataforma electrónica preparada durante la fase preparatoria incluye un portal en Internet y una página de Intranet. De esta manera se ofrecerá acceso a los documentos del proyecto, los informes nacionales, los estudios técnicos, los informes de las reuniones y los talleres así como los resultados de los proyectos de demostración, y facilitará la comunicación entre los participantes en el proyecto.

En las zonas de los proyectos de demostración se vigilará a la población y los componentes ambientales (el agua, el suelo, el sedimento y la biota) así como al personal de programas contra la malaria, a fin de estudiar su exposición al DDT y a los plaguicidas recién introducidos para el control de la malaria. Se creará un programa de control interlaboratorios para asegurar que los resultados analíticos sean fiables y equivalentes en los países participantes y al nivel internacional. En cada área de proyecto de demostración se establecerá un punto de referencia sobre la exposición al DDT. Se impartirá adiestramiento en las técnicas de evaluación de exposiciones, incluidos muestreos y técnicas de laboratorio. Se identificarán zonas de riesgo y

se trazarán mapas, y los datos generados integrarán sistemas de información nacionales y regionales. En cada país participante se realizará una evaluación epidemiológica del personal que lucha contra la malaria. Se elaborará material didáctico y de información pública para aumentar la conciencia acerca de los riesgos de la exposición al DDT y otros plaguicidas.

Componente 2: Fortalecer la capacidad institucional de los países para controlar la malaria sin DDT. El objetivo es fortalecer la capacidad de las instituciones, nacionales y locales, para controlar la malaria mediante alternativas al DDT y a otros plaguicidas persistentes en el ambiente. El resultado de este componente será el fortalecimiento de las capacidades nacionales en materia de evaluación de riesgo de la malaria, infraestructura de laboratorio analítico, participación de la comunidad y adiestramiento sobre el control de la malaria y manejo de los plaguicidas. Las actividades previstas proveerán las herramientas para que los países tomen decisiones adecuadas sobre el control de la malaria mediante los métodos alternativos. Se reforzarán los programas de acción nacionales orientados a la descentralización y ejecución de métodos integrados. Las autoridades gubernamentales de las áreas de salud, ambiente y agricultura de los países participantes tendrán la oportunidad de intercambiar ideas y debatir las estrategias alternativas existentes que se someterán a prueba y se documentarán mediante proyectos de demostración.

El sistema de información geográfica (SIG) que se elaboró durante la fase preparatoria incluirá datos sobre el control de la malaria basados en la cartografía, la población en riesgo, factores ambientales y ecológicos relacionados con la distribución de vectores, intervenciones de control de vectores de la enfermedad, cobertura del sistema de salud, etc. Se preparará un

SIG específico para uso a niveles locales, con indicadores seleccionados para vigilar datos relacionados con el uso de los plaguicidas y los efectos ambientales y sanitarios del DDT. Entre otros aspectos, estas herramientas computadorizadas fortalecerán: la capacidad de las instituciones de vigilar y difundir la información relacionada con el control de la malaria mediante un enfoque integrado de salud/ambiental; la capacidad regional de análisis epidemiológico por los trabajadores de salud; los sistemas nacionales de vigilancia epidemiológica; pronósticos de epidemias y preparativos regionales; y detección de resistencia a los insecticidas.

Componente 3: Eliminación de las reservas de DDT.

Este componente abordará el problema existente de las reservas en seis de los ocho países participantes (Nicaragua y Honduras han recibido apoyo internacional para el desecho final de sus reservas de DDT). Se documentarán todas las actividades y se adoptarán planes de gestión para prevenir nuevas reservas de plaguicidas. Durante la fase preparatoria se hallaron en los 8 países aproximadamente 135 t de DDT. Se finalizarán los inventarios nacionales, actividad que incluye la búsqueda y cuantificación de pruebas de uso de DDT en la agricultura u otros sectores. Todas las reservas obsoletas contenidas en recipientes con fugas se reenvasarán y prepararán para su traslado. El objetivo de este componente es eliminar las reservas existentes de DDT, reempacar los materiales cuando sea necesario y organizar la eliminación de DDT de una manera ecológicamente racional, compatible con las convenciones de Estocolmo y Basilea.

Una vez aprobado se espera que el Proyecto inicie sus actividades los últimos meses del año 2002 o inicios del año 2003.

Tecnologías de producción de *Bacillus thuringiensis*

Orietta Fernández -Larrea Vega¹

Introducción

Las primeras enfermedades bacterianas en insectos fueron reportadas en 1870 por Pasteur. En 1911 d'Herelle presentó el primer estudio de bacterias entomopatógenas en locústidos en México y aisló un pequeño bacilo, al cual dio el nombre de *Coccobacillus acridorium*. Desde 1921, se informó la presencia de "infecciones lechosas" en el escarabajo japonés *Popillia japonica*; en 1940 determinaron que los agentes causantes eran *Bacillus popilliae* y *B. lentimorbus*, y aunque se encontraron otras especies, éstas resultaron las más importantes junto con *Serratia marcescens*, causante de la muerte de varios grupos de insectos.

En 1901 Ishiwata informó la presencia de una bacteria cristalífera que causaba la enfermedad y muerte de larvas de algunos insectos. Diez años después, Berliner en Thuringia, Alemania, determinó que un bacilo esporulante y cristalífero, al cual denominó *Bacillus thuringiensis* (Bt), era el causante de la muerte de larvas de *Anagasta khuniella*. *B. thuringiensis* presenta un cristal parasporal de forma bipiramidal, romboide, cuadrado o amorfo, de naturaleza proteínica que es el responsable de la capacidad insecticida; su toxicidad es muy variada y depende del tipo de cristal.

El mecanismo de acción de esta bacteria es por ingestión y producto del pH alcalino del intestino del insecto, el cristal parasporal libera la toxina, la cual se asocia a puntos específicos de la membrana intestinal, formando poros que rompen la pared, a través de la cual ocurre una alteración del balance iónico, que lleva a la parálisis intestinal y cese de la alimentación. Posteriormente, y producto de una septicemia provocada por la multiplicación de la bacteria ocurre la muerte de las larvas, las cuales se tornan flácidas y con un exudado lechoso; estas larvas pueden posteriormente desintegrarse. *B. thuringiensis* resulta tóxico a varios órdenes de insectos, ácaros e incluso nematodos

Aunque varios grupos de bacterias han sido descritos como patógenas a insectos, sólo *B. thuringiensis* ha sido estudiada y utilizada ampliamente, por lo cual constituye una alternativa para el control de plagas. Los insecticidas derivados de esta bacteria constituyen el ejemplo más importante de este tipo de productos y ocupan la mayor parte del mercado mundial de bioinsecticidas. Estos productos se han utilizado comercialmente por más de 35 años y han sido aceptados como productos biodegradables y seguros para los vertebrados y el ambiente

Sin embargo, la posibilidad de producir y aplicar productos bacterianos a gran escala fue posible hasta después de la Segunda Guerra Mundial, cuando se produjo en Francia el primer producto comercial a partir de *B. thuringiensis* llamado Sporiene.

Características y clasificación

B. thuringiensis pertenece a la familia Bacillaceae, y presenta células vegetativas en forma de bastoncillos más o menos largos, agrupados en cadenas de 2 a 3 células. Son Gram +, aerobias y esporógenas, durante su cultivo y asociadas a la formación de esporas, se forman cuerpos parasporales en forma de cristales que tienen efecto insecticida y se conocen como delta endotoxinas.

Para la clasificación de esta especie se han usado varios métodos. Los primeros se basaron en la caracterización morfológica y bioquímica, utilizando técnicas convencionales. Más tarde se desarrollaron esquemas de clasificación basados en el análisis serológico de antígenos flagelares (antígeno H) de células vegetativas. Se introdujo además el criterio de patrones electroforéticos de esterases y de patrones plasmídicos dada la presencia de plásmidos como portadores de los genes que codifican para la toxinas cristalíferas.

¹ Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal Playa, C. Habana Cuba. oflarrea@inisav.cu

El análisis de ácidos grasos se ha utilizado para la separación de cepas. Al final, la genética molecular permitió la clasificación de *B. thuringiensis*, ya que se demostró que los genes que codifican para la toxina cristal, los cuales están localizados en plásmidos, tienen una correlación estrecha con la toxicidad fenotípica. La clasificación por antígenos flagelares aún es útil, y hasta el momento se han logrado identificar 55 serotipos. Esta clasificación no permite correlacionar la cepa con la actividad patogénica, la cual está determinada por el tipo de delta endotoxina. La clasificación basada en los genes que codifican estas toxinas, a los cuales se denominan genes CRY, están basados en cinco grupos fundamentales, de los cuales se han caracterizado varias decenas de subgrupos que permiten establecer una correlación con la actividad insecticida.

Toxinas de *B. thuringiensis*

Heimpel en 1967, consideró tres exotoxinas y una endotoxina, esta última es la principal responsable del efecto insecticida. Entre las exotoxinas la más importante es la beta, conocida también como thuringensin, seguidas en importancia por la alfa y la gamma.

Existen diferentes tipos de delta endotoxinas y, cada una de ellas se asocia a un grupo determinado de insectos. Sus pesos moleculares varían entre 72 y 135 Kdaltons y su composición es proteínica, por lo cual se desnaturalizan por el calor y son solubles en condiciones alcalinas.

Las beta exotoxinas son solubles en agua, termoestables y dializables; su estructura química es un derivado fosforilado del nucleótido de adenina. Se han encontrado varios tipos de beta exotoxinas y a diferencia de las delta, éstas no son producidas por todas las cepas de *B. thuringiensis*. Su producción se asocia con algunos serotipos como H1, H4, H8, H9 y H10.

Las exotoxinas alfa y gamma se consideran fosfolipasas C y lecitinasas, respectivamente.

En relación a la toxicidad, la delta se considera no tóxica; sin embargo, algunas investigaciones señalan que las beta pueden tener efectos citotóxicos a determinadas concentraciones, por lo cual el empleo de productos de *B. thuringiensis* a partir de cepas que producen este tipo de toxina están sujetos a regulaciones adicionales.

Recientemente, se ha descrito un cristal proteínico más pequeño, de peso molecular de 28 Daltons, que no está relacionado con los genes CRY y presenta baja toxicidad a mosquitos y sólo lo producen las variedades *morrisoni*, *israelensis*, *darmstadiensis*, *kyushiensis*; el gen Cyt la codifica.

Las delta endotoxinas se producen en forma de cuerpos de inclusión o cristales paraesporales y forman una familia de proteínas cuyos miembros pueden ser tóxicos contra diversos grupos de invertebrados: seis ordenes de insectos, nematodos, ácaros, platelmintos y protozoos.

Principales grupos de genes Cry en *B. thuringiensis*

- Cry I Lepidópteros
- Cry II Lepidópteros y Dípteros
- Cry III Coleópteros
- Cry IV Dípteros
- Cry V Lepidópteros y coleópteros.

En 1989, Hofte y Whiteley propusieron una nomenclatura y clasificación de las proteínas Cry basados en la similitud de su secuencia de aminoácidos y el rango de especificidad. En esos años, las proteínas Cry I, Cry II, Cry III, Cry IV eran las específicas contra lepidópteros, lepidópteros-dípteros, coleópteros y dípteros, respectivamente. Las clases V y VI, activas contra nematodos, fueron consideradas posteriormente en la clasificación por Feitelson y colaboradores en 1992. En 1998, Schnepf y colaboradores propusieron una nueva clasificación basada solamente en la similitud de secuencias primaria entre las proteínas Cry.

La nomenclatura actual de las toxinas Cry las agrupa como: 1. proteínas tóxicas a lepidópteros grupos Cry1, Cry2 y Cry9; 2. toxinas activas contra coleópteros grupos Cry3, Cry7 y Cry8; 3. proteínas con actividad dual grupos Cry1B y Cry1I; 4. proteínas con actividad nematocida, grupos Cry5, Cry12, Cry13 y Cry14; 5. proteínas tóxicas a dípteros, grupos Cry2, Cry4, Cry10, Cry11, Cry16, Cry17, Cry19 y las Cyt.

La búsqueda y caracterización de nuevos genes cry continúa siendo un proyecto de interés mundial, porque este conocimiento proporciona nuevas alternativas para el control de las diversas plagas y quizás contribuiría a solucionar el problema del desarrollo de resistencia por parte del insecto. Estos estudios han estimulado el desarrollo de técnicas moleculares para caracterizar de manera fácil y rápida los genes cry presentes en los aislamientos de *B. thuringiensis*. Las técnicas basadas en la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) han sido las más utilizadas en los últimos años, permitiendo la determinación precisa de los genes cry. La identificación de genes cry conocidos en las cepas de *B. thuringiensis* es muy importante por-

que pueden contribuir a la selección de nuevos aislamientos y a la determinación de la especificidad de los nuevos aislamientos. La Beta exotoxina se produce durante la fase de crecimiento exponencial por algunas variedades de *B. thuringiensis*. Esta fue descubierta por Cantwell y colaboradores al inyectar el sobrenadante esterilizado de un cultivo de *B. thuringiensis* en el hemocele del último instar larvario de *Galleria mellonella*. Su aislamiento y caracterización fue realizado por De Barjac y Dedonder entre 1965 y 1968 y en estudios posteriores utilizando resonancia magnética nuclear se corroboró su peso molecular aproximado de 700 Da y su estructura química, la cual fue definida como un derivado nucleotídico de adenina unido por una molécula de glucosa a un ácido fosfoalárico. Una característica de este compuesto sobre la base de su estructura química es su espectro de absorción ultravioleta, el cual presenta una absorción máxima a 260 nm y una absorbancia mínima a 230 nm.

A las Beta exotoxinas se les atribuye acción biológica contra diferentes grupos de organismos entre los que se encuentran coleópteros, ácaros y nematodos. Se han informado efectos genotóxicos de estas toxinas; sin embargo, estudios posteriores muestran que el grado de genotoxicidad no es igual para todas las Beta exotoxinas. Existen diversos métodos de detección para este compuesto, pero la mayoría son complejos y requieren siete días como mínimo para obtener resultados, como en el caso de los bioensayos con larvas de *Musca domestica* L. Esto hace necesario encontrar métodos sencillos de detección de esta toxina, lo cual sería de gran utilidad en los programas de caracterización de cepas de *B. thuringiensis*, así como para el registro de cepas de importancia comercial.

Las toxinas Vip descritas recientemente por Estruch y colaboradores se producen durante la fase de crecimiento logarítmico vegetativo, antes y durante la esporulación por algunas cepas de *B. thuringiensis*. Esta proteína muestra toxicidad hacia una amplia variedad de lepidópteros plaga, entre los que se encuentran *Agrotis ipsilon*, *Spodoptera frugiperda*, *S. exigua* y *Helicoverpa zea*. Estas toxinas Vips no presentan homología con las toxinas Cry y Cyt conocidas. La localización de los genes que las codifican en el genoma de *B. thuringiensis* aún no se ha determinado, pero se considera que se encuentran en los mismos plásmidos que contienen los genes de las proteínas Cry. La proteína Vip3A puede ser detectada 15 h después del inicio del cultivo, y alcanza su nivel máximo durante las etapas tempranas de la fase estacionaria y sus niveles

permanecen altos durante y después de la esporulación. Se considera que pueden estar asociadas a algunos efectos patogénicos que en ocasiones no corresponden con los patrones de genes *cry* presentes en un determinado aislamiento. Las propiedades biológicas y moleculares de las proteínas Vip han mostrado un nuevo agente insecticida que podría complementar y ampliar el uso de las toxinas derivadas de *B. thuringiensis*.

Mecanismos de acción

Como se mencionó, estas toxinas deben ser ingeridas por el insecto sensible, cuyo intestino tiene un pH elevado, lo cual es esencial para la disolución de muchas protoxinas de *B. thuringiensis*. Estas son solubles solamente con pH superiores a 9,5. Las protoxinas son activadas por proteasas del intestino, las cuales llevan las protoxinas de 130 kDa a una toxina de 55-65 kDa, resistente a proteasa y que comprende la región N terminal de la protoxina.

La especificidad de la delta endotoxina a un tipo de insecto en particular implica la presencia de receptores específicos, la toxina se inserta de forma irreversible a la membrana plasmática de las células intestinales y el próximo paso es la formación de un poro o lesión en esta membrana que conduce a una variación en su permeabilidad, alterando el transporte de los iones de potasio, lo cual trae como consecuencia la lisis celular, disrupción de la integridad del intestino y la muerte del insecto. Por otra parte, las esporas bacterianas se multiplican en la hemolinfa y provocan una septicemia que incrementa el efecto de las toxinas insecticidas.

En el caso de las Beta exotoxinas, éstas interfieren con las síntesis de ADN yARN y las proteínas y resultan menos específicas.

Resistencia por parte del insecto a *B. thuringiensis*

La habilidad de los insectos para sobreponerse y adaptarse al estrés ambiental hace que los métodos de control se vuelvan ineficientes, como sucede con el uso excesivo de algunos plaguicidas.

Hasta el momento aparecen pocos informes de resistencia a *B. thuringiensis*. Dos ejemplos son *Plutella xylostella* en repollo en Asia y *Plodia interpunctella*, plaga de productos almacenados. En el laboratorio se ha demostrado la posibilidad de que el insecto desarrolle resistencia al uso continuado de *B. thuringiensis*,

sobre todo a las delta endotoxinas, porque para la beta exotoxinas el efecto es mucho menor

Es importante señalar que los resultados de laboratorio no pueden extrapolarse a las condiciones de campo, porque las condiciones ambientales y la presión de selección natural juegan un papel importante.

La resistencia por parte del insecto a *B. thuringiensis* se explica por vía bioquímica, fisiológica y de conducta. En el primer caso, el insecto llega a metabolizar las toxinas, en el segundo parece existir una disminución de sensibilidad en los receptores y en el tercero disminuye la habilidad del insecto para aceptar el insecticida.

Se han desarrollado diferentes estrategias para disminuir la posible resistencia a esta bacteria. Una de las más utilizadas es su uso en programas de manejo integrado. Otra estrategia es el uso de productos a partir de diferentes cepas de *B. thuringiensis*, con diferentes tipos de deltaendotoxinas.

Producción de *B. thuringiensis*

En biotecnología son utilizados dos tipos de producciones básicas: cultivos superficiales sobre medios sólidos o semisólidos y producción en medios líquidos superficiales o sumergidos.

Uno de los aspectos más importantes de *B. thuringiensis* es su producción a escala industrial. La primer etapa, la cual es una de las más importantes de este proceso, es la selección y conservación de las cepas de trabajo. En muchos países se desarrollan programas de prospección de nuevos aislamientos de la bacteria para ampliar su espectro y aumentar su capacidad insecticida.

El mantenimiento y conservación de las cepas seleccionadas es una garantía del éxito del proceso y del producto final. Para la conservación se emplean diferentes métodos, entre los más utilizados están la liofilización, suelo estéril, papel de filtro, medio agarizado, etc. Lo más importante es evitar los subcultivos continuos, porque se puede perder la virulencia y podrían aparecer poblaciones acristalíferas.

El desarrollo del producto a partir de la cepa seleccionada comienza con la preparación de los inóculos, los cuales se obtienen generalmente en zarandas mediante cultivos líquidos agitados y a partir de éstos se realizan 1 o 2 subcultivos en fermentadores de menor volumen, dependiendo de la magnitud del volumen final de trabajo. Se recomienda que los inóculos tengan una concentración inicial de 10^6 células /ml.

Pueden utilizarse cultivos totalmente esporulados o en fase de crecimiento exponencial, pero no es recomendable utilizar otros instares porque los cultivos obtenidos no serían homogéneos.

La composición del medio de cultivo es muy importante porque es necesario ajustar el balance de los nutrientes, principalmente carbono y nitrógeno para obtener una concentración elevada de biomasa bacteriana y una buena cantidad de cristales tóxicos. Otros nutrientes también son importantes, tales como las sales de magnesio, manganeso, carbonatos y fosfatos.

Como fuentes nitrogenadas se utilizan harinas de soya, maíz, trigo y pescado entre otras y como fuentes de carbono se emplean principalmente almidones y en ocasiones melazas.

El valor de pH es un parámetro importante y aunque generalmente se deja libre durante el proceso, es necesario ajustar los medios de cultivo para que no sea menor a 5,0. En general, el pH inicial debe ser de 6,8-7,2, pero baja después de las primeras 8-12 h, hasta llegar a 5,0. Posteriormente, se incrementa lentamente y al final el proceso tiene un valor aproximado de 8,0. Esta cinética es un buen indicador del proceso.

Durante el proceso de producción de *B. thuringiensis* es importante considerar el suministro de oxígeno porque esta bacteria requiere un elevado nivel de este gas, en especial durante la fase de crecimiento exponencial. Esta demanda disminuye durante la esporogénesis y en la etapa de lisis del esporangio y liberación de la delta endotoxina. Esto permite disminuir el suministro de aire en la etapa final de la producción, lo que representa una economía en el proceso.

Cuando se eleva el suministro de oxígeno y dado que se utilizan medios de cultivo ricos en proteínas, existe el riesgo de que se produzca un exceso de espuma; por lo cual es necesario, en ocasiones, adicionar antiespumantes. Esto debe hacerse con cuidado y el antiespumante seleccionado no debe afectar el desarrollo de la bacteria. Además un exceso de este producto puede crear una anaerobiosis parcial con detrimento de la calidad del proceso. También puede ocasionar problemas durante el recobrado y la formulación.

Los procesos industriales se realizan en grandes fermentadores y el recobrado mediante procesos de sedimentación, filtración o centrifugación, este último es el más eficiente.

Producción sólida de *B. thuringiensis*

Husz en 1931 utilizó un medio sólido y métodos estándares de laboratorio, mezclando esporas de *B. thuringiensis* de 224 cajas de Petri con 6 kg de talco para la producción de polvos. Steinhaus y Hall en 1951 y 1954 produjeron *B. thuringiensis* en cajas con agar. Actualmente, se desarrollan los métodos de producción por cultivo sumergido, los cuales son más eficientes, económicos, permiten la producción a mayor escala, con menos contaminación y mejor control de la calidad.

En China, la producción por cultivo sumergido se realiza en forma industrial y sobre sustratos sólidos a pequeña escala, en forma artesanal. También utilizan bandejas o frascos con medios líquidos en condiciones de cultivo estático

B. thuringiensis es producido en forma sólida, semisólida y por cultivo sumergido o líquido estático; sin embargo, la producción a escala comercial se realiza por fermentación sumergida en grandes tanques que contienen medio de cultivo.

En los medios semisólidos, la humedad debe controlarse muy bien para asegurar el desarrollo del microorganismo sin provocar agregación de las partículas y con una adecuada transferencia de oxígeno. La producción semisólida de esta bacteria en China permite obtener cantidades importantes del microorganismo, pero con menor eficiencia que por cultivo sumergido y sólo a escalas limitadas de producción. Otro de los aspectos negativos es la esterilidad durante el proceso de producción. Mantener condiciones uniformes durante el proceso y ajustar parámetros como el pH y la temperatura resultan difíciles en los medios sólidos y semisólidos. Por tanto, se considera que el mejor método de producción es el cultivo sumergido.

Formulaciones y limitaciones de uso de *B. thuringiensis*

Los tipos de formulaciones de esta bacteria son polvos humedecibles, polvos secos, granulados o emulsiones. Las formas secas son más estables durante su almacenamiento, mientras que las líquidas resultan más económicas.

A pesar de las ventajas de los productos de *B. thuringiensis*, éstos también presentan algunas limitaciones como: poca persistencia en el campo, no llega a todos los nichos ecológicos y el insecto puede desarrollar resistencia.

No obstante, estos problemas pueden solucionar-

se mediante formulaciones más estables, el uso de cepas recombinantes y mejorar las estrategias de aplicación.

Mercado

Se considera que más del 90% de los productos biológicos utilizados actualmente en la agricultura son *B. thuringiensis*. Las ventas de estos productos en el año 2000 fueron de casi US\$ 200 millones. Algunos de los productos de *B. thuringiensis* son: Bitoxibacillín, Ek-sotoxin, Agritol, Bactospeine, Bathurin, Biospor, Dipel, Javelin, Sporeine.

En algunos países, el acceso a estos productos es aún limitado para los pequeños agricultores sobre todo por el costo elevado del producto y la falta de información sobre sus potencialidades y ventajas.

Producción de *B. thuringiensis* en Cuba

Este entomopatógeno se produce utilizando tres métodos: cultivos líquidos estáticos, sobre sustratos sólidos y por cultivo sumergido. Los primeros se obtienen en laboratorios llamados CREE (Centros de Reproducción de Entomófagos y Entomopatógenos), distribuidos en todo el país.

El proceso sobre cultivo líquido estático consiste en cultivar la bacteria en medios líquidos compuestos por subproductos agrícolas o industriales, principalmente de la industria azucarera. La composición de los medios puede variar y generalmente se adapta a las posibilidades de la región donde se ubica el Centro Productor. Se emplean frascos de cristal y se agrega al medio de cultivo en una relación 1:5. Después de esterilizados e inoculados, se mantienen en reposo a 28-30 °C durante 10-15 días, dependiendo de la cepa y del medio de cultivo utilizado. Transcurrido este tiempo, se cosecha el producto y se le agrega un preservante que permite su almacenamiento hasta por tres meses, a temperaturas no superiores a 25 °C. Con esta producción se obtienen concentraciones de esporas y cristales de 10^8 /ml. Su costo de producción es de US\$2-3/L.

La producción sobre sustrato sólido usando arroz es otra alternativa artesanal de producción de *B. thuringiensis*. Este proceso tiene una primera fase de propagación de la bacteria en un medio líquido compuesto por diferentes nutrientes y sales. Una vez desarrollado el cultivo inicial, en condiciones estáticas o en zaranda hasta la fase de esporulación, éste se utiliza para inocular el arroz previamente esterilizado y distribuido en los frascos de reproducción. Du-

rante esta etapa se debe ajustar la humedad a un nivel que permita el desarrollo de la bacteria. Al inocular, además de las esporas y cristales se incluyen residuos del medio de cultivo del inóculo que no fueron totalmente agotados durante la primera etapa de propagación y que favorecen el desarrollo de la bacteria sobre el sustrato sólido. La incubación después de 5-7 días permite la nueva propagación de la bacteria hasta la formación de esporas y cristales. En esta etapa se realiza la cosecha y se mantiene durante 48-72 horas en un cuarto a menos de 20 °C y un deshumificador para eliminar la humedad residual del producto. Una vez seco, el producto se envasa en bolsas plástica y se almacena durante 3 meses a 20-25 °C. Para utilizarlo es necesario resuspender los granos de arroz en agua y filtrar por una malla o tamiz .

El otro método usado en Cuba para reproducir *B. thuringiensis* es el industrial y se realiza en tres plantas de fermentación ubicadas en el occidente y centro del país. Por este proceso se obtienen productos concentrados por sedimentación. El proceso tarda entre 72 y 96 horas, los productos alcanzan concentraciones de esporas y cristales de $4-6 \times 10^9$ equivalente a 18000-22000 UI(m), y es posible almacenarlos durante 6 meses a temperatura ambiente, inferior a 28 °C. Su costo de producción es de aproximadamente US\$ 2-3/ producto concentrado.

Actualmente en Cuba, se obtienen cuatro líneas de productos de *B. thuringiensis* bajo el nombre genérico de thurisav, con los cuales se controlan diferentes plagas de lepidópteros en cultivos de importancia económica. También se produce un producto eficaz para

el control de diferentes especies de ácaros plagas como el ácaro rojo de plátano y el ácaro del moho de los cítricos.

El control de la calidad de los productos se realiza mediante la aplicación de normas y programas, que garantizan la obtención de productos de calidad establecida.

Literatura consultada

- Bernhad, K; Utz, R. 1993. The production of *B. thuringiensis* for experimental and commercial uses. *In An environmental Biopesticides*. Entswistlew. p. 255-263.
- Burges, HD. 1981. Microbial control of pest and plants diseases. London, Academy Press. p. 108-201.
- Cory JS; Balley, MJ. 1993. Theory and Practice of biopesticide. *In An Environmental Biopesticides*. Entswistlew. p. 250-256.
- Crickmore, N; Zeigler, DR; Feitelson, J; Schnepf, E; Rie, J van; Lereclus, D; Baum, J; Dean, DH; van Rie, J. 1998. Revision of the nomenclature for the *Bacillus thuringiensis* pesticidal crystal proteins. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 62(3):807-813.
- Estruch, JJ; Warren, GW; Mulling, MA; Nye, GJ; Craig, JA; Koziel, MG. 1996. Vip3A, a novel *Bacillus thuringiensis* vegetative insecticidal protein with a wide spectrum of activities against lepidopteran insects. *Proc-Natl-Acad-Sci-U-S-A*. 93(11): 5389-5394.
- Feitelson, JS; Payne, J; Kim, L. 1992. *Bacillus thuringiensis*: insects and beyond. *Bio/Technol*. 10(3):271-275.
- Fernández-Larrea, OA. 1999. Review of Bt production and use in Cuba. *Biocontrol News and Information* 20(1): 47-49.
- Galán, JL; García, SS; Santos, ME; Quintero, I. 1996. Avances recientes en la Biotecnología de *Bacillus thuringiensis*. Monterrey, México, Universidad de Nuevo León.
- Ibarra, J. 1997. Producción, control de calidad y uso de *B. thuringiensis* *In II Curso Taller de Producción Nacional de Agentes de Control Biológico* (1997, Tecomán, Colima, México). Memorias. p. 86-96.
- Kostichka, K; Warren, GW; Mullins, M; Mullins, AD; Craig, JA; Koziel, MG; Estruch, JJ. 1996. Cloning of a cryV-type insecticidal protein gene from *Bacillus thuringiensis*: the cryV-encoded protein is expressed early in stationary phase. *J-Bacteriol*. 178(7):2141-2144.
- Manual metodológico para la producción de Entomófagos y Entomopatógenos. 1991. Cuba, INISAV-CNSV- MINAGRI . 45 p.
- Vanderkar, M; Dulmage, H. 1982. Guidelines for production of *B. thuringiensis*. *In Proceedings of Consultation*. Suiza. p. 95-115.
- Yu-CaoGuo; Mullins-MA; Warren-GW; Koziel-MG; Estruch-JJ; Yu-CG. 1997. The *Bacillus thuringiensis* vegetative insecticidal protein Vip3A lyses midgut epithelium cells of susceptible insects. *Applied-and-Environmental-Microbiology*. 63(2):532-536.

AGRICULTURA ORGANICA



Situación actual y perspectivas de la agricultura orgánica y su relación con América Latina ¹

Jaime E. García G.²

La agricultura orgánica latinoamericana en el contexto mundial

La producción orgánica en el mundo continúa creciendo a un ritmo acelerado, y los países latinoamericanos no son la excepción (CCI 1998, Coelho 2001, Halweil 2001, ONAGRI 2001, PROCOMER 2001, POM 2001, SICA 1998, SÔL 2001, Willer y Yuseffi 2001). De los 130 países que cultivan productos orgánicos en cantidades comerciales, al menos 90 (69%) son países en desarrollo. En el último decenio, la producción mundial se ha incrementado entre 25-30% por año y en los últimos cuatro años el mercado orgánico global se ha duplicado, con ventas al detalle esperadas de US\$20 a US\$25 millardos para el 2001 (Frontini 2001).

En la actualidad se estima que existen alrededor de 18 millones de hectáreas manejadas orgánicamente en 139 países (Cuadros 1 y 2), de los cuales 34 (24%) son latinoamericanos. De

éstos, se considera que 13 tienen un nivel de desarrollo de agricultura orgánica relativamente avanzado, mientras que en 21 de ellos, el nivel de desarrollo es aún incipiente.

El área actual de actividades agropecuarias orgánicas certificadas a nivel latinoamericano es de poco más del 26% (4,7 millones de ha) del total mundial (Cuadro 2). Sin embargo, en América Latina hay que destacar que un solo país, Argentina, en poco menos de una década aumentó 509 veces el área certificada como orgánica, pasando de 5500 ha en 1992 a 2,9 millones de ha en el 2001, principalmente mediante el logro de la certificación de gran parte de los pastos naturales de su pampa.

También en Oceanía el 98,6% del área registrada como orgánica corresponde a Australia, el cual logró certificar grandes extensiones de áreas naturales. La suma de las áreas bajo producción orgánica de estos dos países alcanzan casi las 2/3 partes del área total estimada a nivel mundial.

Cuadro 1. Presencia y estado de desarrollo de la agricultura orgánica en el mundo.

Región (nº de países)	Avanzada	Inicial	Total
Africa (54)	6	26	32
Asia (41)	10	16	26
Australia, Oceanía y Nueva Zelanda (14)	2	3	5
Europa (45)	23	17	40
Latinoamérica (37)	13	21	34
México, A. Central y el Caribe (25)	8	14	22
Resto de Latinoamérica (12)	5	7	12
Norteamérica (2)	2	0	2
Total (194 países)	56	83	139

Fuente: Adaptado de Haest (2000).

¹ Presentado en el II Encuentro de Investigadores en Agricultura Orgánica, (2002, Turrialba, Costa Rica).

² Universidad Estatal a Distancia y Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. jaimegrc@softhome.net

Cuadro 2. Distribución porcentual estimada para el año 2001 del área de manejo orgánica con actividades agropecuarias.

Región	Área de producción orgánica (ha)	Porcentaje*
Oceanía	7 634 700	42,3
Latinoamérica	4 723 285	26,2
México, A. Central y el Caribe	171 048	
América del Sur	4 552 237	
Europa	4 214 300	23,4
América del Norte	1 314 100	7,3
Asia	93 500	0,5
Africa	59 500	0,3
Total	18 039 385	100

* Valores redondeados.

Fuente: Agroenlinea (2002a) y otras referencias compiladas por el autor.

Situación de los países latinoamericanos

En Latinoamérica, a excepción de Argentina, para todos sus productos (CAPOC 2000, Pena *et al.* 1997), México para el cultivo del café (CMC 2001), y República Dominicana a nivel de volúmenes y valores de las exportaciones de productos orgánicos (CEDOPEX 2000a y b), no se dispone de estadísticas regulares. No obstante, es importante destacar los esfuerzos que están realizando algunos países para mejorar esta situación, tal es el caso de Costa Rica, Uruguay y Guatemala. Por el contrario, los países industrializados mantienen estadísticas sobre este tipo de producción desde hace algunos años (CCI 2001, FAO 2001a y b, Graf y Willer 2000, Kaestner e Ingold 1998, Michelsen *et al.* 1999, Offermann y Nieberg 2000, Richter *et al.* 2000, SÖL 2001, Willer 1998, Willer y Yuseffi 2001).

De acuerdo con la información disponible, se han establecido cinco categorías en los países Latinoamericanos según el área dedicada a la producción orgánica (Cuadro 3).

El país con el mayor área dedicada a la producción orgánica es Argentina (62,7 %); y los países que se encuentran en la categoría 1 (Argentina, Chile, Brasil, México, Perú y Ecuador) constituyen el 97% del total del área de producción orgánica en América Latina.

Certificadoras en América Latina

La mayoría de los productos latinoamericanos destinados a la exportación son certificados por empresas certificadoras americanas y europeas, sin embargo, con el tiempo se han ido creando empresas certificadoras latinoamericanas (Cuadro 4).

Canales de distribución internos de los productos orgánicos en América Latina

En la actualidad, el principal mercado de productos orgánicos latinoamericanos es el externo. Una de las características de la mayoría de estas exportaciones es que los productos tienen poco o ningún valor agregado. Argentina es posiblemente el país que ha incorporado el mayor número y volumen de productos orgánicos con valor agregado (procesados), como aceite, harina, miel, vino y té.

De acuerdo con PROCOMER (2001) y SÖL (2001) los productos orgánicos en Latinoamérica son distribuidos por varios canales internos, como los supermercados, que han comenzado a vender productos orgánicos, en especial, vegetales y frutas. Inclusive algunas cadenas de supermercados han desarrollado sus propias marcas orgánicas. También en la mayoría de los países existen tiendas especializadas en la venta de estos productos; no obstante, las ferias locales son la forma más popular del comercio de estos productos y a pesar de su pequeño tamaño, éstas representan un importante porcentaje del mercado orgánico. Otro tipo de canal de distribución es la entrega "puerta a puerta", el cual consiste en la entrega semanal directa de productos. En muchos casos, el éxito de este esquema ha propiciado el desarrollo de asociaciones y tiendas especializadas.

Oferta y demanda

Oferta. Los países latinoamericanos, con su amplia diversidad de climas, culturas, flora y fauna, ofrecen una cantidad considerable de productos orgánicos, cuyas áreas de cultivo y volúmenes de producción se espera continúen creciendo, porque la demanda no es aún sa-

³ Capacidad del sistema de retornar al estado de equilibrio o mantener el potencial productivo después de sufrir perturbaciones graves (Masera *et al.* 1999).

tisfecha, tanto para los mercados nacionales como internacionales.

La producción orgánica en América Latina es muy diversa, e incluye gran cantidad de hortalizas, legumbres, verduras, aceites, cereales, oleaginosas, frutas, especias, productos agrícolas industrializados, carnes, huevos, leche, vinos, hierbas aromáticas y medicinales,

entre otros. El área dedicada a la producción orgánica y los volúmenes de producción varían de país a país. Los principales productos orgánicos latinoamericanos exportados y el país productor se presenta en el Cuadro 5.

Parte de estos productos son para autoconsumo del productor o para su comercialización en mercados

Cuadro 3. Categorización y ordenamiento de los países latinoamericanos de acuerdo con las áreas dedicadas a la producción certificada agropecuaria orgánica, en transición, o ambas, 1998-2001.

Categoría	Area de producción orgánica certificada
1 (50 000 ha o más)	
Argentina	2 959 718 (62,7%)*
Brasil	803 180 (17,0%)
Chile	603 301 (12,8%)
México	103 000 (2,2%)
Perú	61 602 (1,3%)
Ecuador	60 000 (1,3%)
Subtotal	4 590 801 ha (97,2%)
2 (10 000 - 49 999 ha)	
Colombia	30 000 (0,6%)
Paraguay	19 218 (0,4%)
Rep. Dominicana	14 963 (0,3%)
Guatemala	14 746 (0,3%)
Bolivia	13 918 (0,3%)
Subtotal	92 845 ha (2,0%)
3 (5000 - 9999 ha)	
Costa Rica	9 004 (0,23%)
Cuba	8 495 (0,22%)
Nicaragua	7 000 (0,18)
Panamá	5 111 (0,1%)
Subtotal	29 610 ha (0,75%)
4 (1000 - 4 999 ha)	
El Salvador	4 900 (0,1%)
Belice	1 810 (0,1%)
Honduras	1769 (0,1%)
Uruguay	1300 (0,1%)
Subtotal	9 779 ha (0,2%)
5 (0 - 999 ha, sin información)	
Surinam	250 (0,1%)
Otros	¿?
Subtotal	250 ha (< 0,1%)
Total	4 723 285 ha (100%)

* Porcentaje de participación con respecto al total.

Fuentes: (1) IICA 2001; (2) Lernoud 2001; (3) Pena *et al.* ¿1998?; (4) SENASA 2000. No incluye la superficie destinada a la producción de miel; (5) Hager 2000; (6) Groves 1998; (7) Shull 2000; (8) O'Connor 1999; (9) FAS-USDA 2000a; (10) Agroenlínea 2001; (11) CAPOC 2000; (12) Argencert, citada por del Cerro 2001; (13) Diario Listín, citado por Suquilanda 2001; (14) Suquilanda 2001; (15) Rice 1998; (16) CEDECO, citado por Amador *et al.* 2002; (17) Funes 2001; (18) Banamex, citado por FAS-USDA 1999; (19) Zygmunt 1998; (20) IFOAM 2000; (21) Padilla, citado por Gutiérrez 2001; (22) Wú 2001; (23) CCI 1997; (24) IIRBAVH ¿2000?; (25) Emater, citada por Agrororganica 2001; (26) Frontini 2001; (27) Gómez 2000; (28) Restrepo 2001; (29) ZMP citada por CEDECO 2001b; (30) Esguerra 2001; (31) Gómez *et al.* 1999; (32) Grosch 2001; (33) Calderón 2001; (34) Mundo Orgánico 2001a; (35) PNAO 2001; (36) CEDECO citada por Gilti y Arce (2001); (37) López 2000; (38) CONACADO, citada por Moreta 2001; (39) Agroenlínea (2002b); (40) FAO 2001b; (41) Echeverría 2002; (42) Agroenlínea 2002a.; (43) Lernoud 2002; (44) ECOSUR 2002; (45) Wú *et al.* 2002

Cuadro 4. Algunas de las principales empresas certificadoras presentes en Latinoamérica.

De origen norteamericano:

- EE. UU.: Aurora Certified Organic (división de Demeter Association Inc.); CCOF (California Certified Organic Farmers); Demeter Association Inc.; FVO (Farm Verified Organic); OCIA International (Organic Crop Improvement Association); OTCO (Oregon Tilth Certified Organic); QAI (Quality Assurance International)
- Canadá: COAB (Canadian Organic Advisory Board)

De origen europeo y australiano:

- Alemania: BCS-Öko Garantie GMBH; Demeter; Naturland e.V.;
- Australia: NASAA (The National Association for Sustainable Agriculture Australia)
- Francia: Ecocert S.A.
- Holanda: Skal
- Italia: AIAB (Associazione Italiana per l'Agricoltura Biologica); Suolo Italia
- Inglaterra: Soil Association
- Suecia: Krav
- Suiza: Imo Latin America (Institute for Marketecology GMBH); SGS

De origen latinoamericano:

- Argentina: Ambiental; Argencert S.R.L. (Instituto Argentino para la Certificación y Promoción de Productos Alimentarios Orgánicos); Bio Certificación Letis S.A.; OIA (Organización Internacional Agropecuaria)
- Bolivia: Bolicert
- Brasil: IBD (Instituto Biodinamico); Red de Certificación Participativa Ecovida
- Chile: CCO (Certificadora Chile Orgánico); CIAL (Corporación de Investigación en Agricultura Alternativa); PROA (Corporación de Promoción Orgánica Agropecuaria),
- Colombia: Biológicos del Trópico (socia de Ecocert S.A.); CCI (Corporación Colombia Internacional)
- Costa Rica: Aimcopop; Eco-Lógica S.A.
- Ecuador: Fundación Biocon; PROBIO (Corporación Ecuatoriana de Agricultores Biológicos)
- Guatemala: Mayacert (Certificadora Maya S.A.),
- México: CertiMex S.C. (Certificadora Mexicana de Productos y Procesos Ecológicos); CUCEPRO (Comité Certificador de Productos Orgánicos)
- Nicaragua: Bio Nica
- Paraguay: SGS
- Perú: Bio Latina
- Trinidad & Tobago: TTOAM (Trinidad & Tobago Organic Agriculture Movement)
- Uruguay: ARU (Asociación Rural de Uruguay); SCPB (Sociedad de Consumidores de Productos Biológicos), Urucert

locales, con o sin certificaciones oficiales, o por medio de las denominadas "certificaciones" de confianza. Pero hay una parte importante de la producción que es exportada.

Demanda. La demanda principal de productos orgánicos de origen latinoamericano son los mercados de Estados Unidos, Canadá y países de la Unión Europea, cuyos consumidores están dispuestos a pagar un sobreprecio por ellos (Cuadro 6).

Un informe de la FAO (FAO 2001b) titulado "*Los mercados mundiales de frutas y verduras orgánicas*", presenta información detallada de la demanda de productos en los principales mercados de alimentos orgánicos del mundo, además incluye información sobre las organizaciones que trabajan en el sector de alimentos orgánicos.

Volúmenes y valor de los productos orgánicos exportados

La información sobre los volúmenes de productos orgánicos exportados por los países latinoamericanos y el valor de éstos varía. **Argentina** pasó de producir casi 27 900 t de productos orgánicos de origen vegetal en 1999 a más de 34 000 t en el año 2000 (Mundo Orgánico 2001b). La población argentina consume apenas un 10% de la producción total. Los principales destinos de las exportaciones son los países de la Unión Europea (85%) y los EE. UU. (10,7%). Las exportaciones de carnes orgánicas certificadas sumaron US\$1,95 millones (Caspani, citado en Agrorganica 2001). Entre 1999 y el año 2000 el crecimiento de las exportaciones de los productos orgánicos industrializados fue de casi 200% (Mundo Orgánico 2001b).

Cuadro 5. Principales productos orgánicos latinoamericanos exportados y países de origen. 2000.

Producto	País de origen
Azúcar	Paraguay, Brasil, Ecuador y Argentina
Cacao	México, Bolivia, República Dominicana, Costa Rica y Panamá
Café	México, Bolivia, Colombia, Perú y países América Central
Carnes	Argentina: carne de res y de pollo
Cereales y granos	Argentina y Brasil: maíz, trigo y frijol de soja. Paraguay: frijol de soja
Frutas frescas	Argentina: manzanas, peras y cítricos Brasil: manzanas y uvas Chile: kiwi, frambuesas y fresas Colombia, Ecuador, México, América Central y República Dominicana: bananos, piñas, mangos y otras frutas tropicales México: manzanas, aguacates y bananos
Prod. industriales	Argentina: aceite de oliva, puré de peras, jugo concentrado de uva y manzana, pasas de uva, vino
Vegetales	Argentina, Brasil y Chile En menor escala algunos de los países centroamericanos: vegetales frescos y secos.

Cuadro 6. Porcentajes de sobrepagos que pagan los consumidores de siete países europeos por algunos productos orgánicos.

País	Vegetales	Cereales	Leche	Papa	Frutas
Suecia	30-100	10-100	15-20	30-100	100
Dinamarca	20-50	0-20	20-30	20-50	50-100
Finlandia	94	64	31	78	-
Austria	40-50	40-50	10	50	50-60
Suiza	-	20-30	25-30	50-100	-
Alemania	20-100	20-150	25-80	50-100	20-150
Italia	50-220	125-175	20-50	70-130	50-100

Fuente: Michelsen, J. 2000. The market for organic products in Europe. Biofach 2000, Germany. Citado por el Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO) del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica.

Se estima que en el 2001 el valor de las exportaciones argentinas de productos orgánicos alcanzó los US\$32 millones (Salas 2002).

El valor anual de la producción orgánica en **Brasil** se estima entre US\$120 y US\$200 millones (IFOAM 2000, Jornal Valor Económico, citado por Agrorganica 2001, O'Connor 1999), mientras el valor de las exportaciones se estima entre los US\$50 y los US\$70 millones (Coelho 2001).

En **Chile**, Fernández citado por la FAO (2001b) señala que el valor de las exportaciones orgánicas de cinco productos hortícolas y siete frutícolas en la temporada 1999/2000 fueron de US\$1,6 millones y US\$1,5 millones, respectivamente. El espárrago fue el producto más exportado, con un valor de más de US\$ 1 000 000, seguido por la frambuesa (US\$643 000) y el kiwi (US\$630 000).

En **El Salvador**, la Unión de Cooperativas de la Reforma Agraria, Productores y Beneficiarios (UCAPROBEX) exportó 7,2 millones de libras de café orgánico lo cual significó un ingreso de US\$10 millones (Padilla, citado por Gutiérrez 2001).

En 1999 **México** exportó US\$70 millones en productos orgánicos (FAS-USDA, 2000a). Un informe más reciente estima que las exportaciones alcanzaron los US\$140 millones (CIESTAAM, citado por Agroenlinea 2001). En el ciclo 1999/2000 el valor de las exportaciones mexicanas de café orgánico (9497 t) alcanzó la suma de US\$26 095 140 (CMC 2001). En la actualidad se estima que cerca del 85% de la producción total de los productos orgánicos se destina a la exportación (Coelho 2001).

La Asociación de Productores Ecológicos de Nicaragua (APRENIC) exportaron productos orgánicos por un valor de US\$150 000 (Gutiérrez 2001).

El valor FOB de las exportaciones entre 1999 y el año 2000 de **República Dominicana** se incrementó, pasando de US\$9,6 millones a casi US\$21 millones. En relación al volumen de las exportaciones, éste pasó de 29 705 t en 1999 a 53 347 t en el año 2000 (CEDOPEX 2000a y b, FAO 2001b). En este último año, las exportaciones de banano orgánico contribuyeron con el 70% del total de las ventas.

Perspectivas

Las perspectivas del mercado orgánico mundial continúan siendo alentadoras según estudios realizados, los

cuales señalan que la oferta está aún lejos de satisfacer la demanda existente, la cual continúa aumentando a un ritmo acelerado (Cuadro 7).

Cuadro 7. Estimación de las ventas en los años 1997 y 2000, incremento porcentual entre estos dos años, crecimiento anual esperado del mercado orgánico, y gasto per capita por concepto de compra de productos orgánicos en los principales mercados en el año 2000.

País	Ventas (millones US\$)		Crecimiento anual esperado (%)	Gasto per cápita (US\$)* en el 2000
	1997	2000 (IP)*		
EE. UU.	4200	8000 (90%)	15-20	28
Alemania	1800	2500 (39%)	10	30
Japón	1000	2500 (150%)	20**	20
Francia	720	1250 (74%)	20-25	21
Italia	750	1100 (47%)	20	19
Gran Bretaña	450	900 (100%)	25-30	15
Suiza	350	700 (100%)	20-30	95
Holanda	350	600 (71%)	15-20	38
Dinamarca	300	600 (100%)	30-40	114
Austria	225	400 (78%)	15	49
Suecia	110	400 (264%)	30-40	45
Otros países europeos***	200	500 (150%)	---	---
Total	10 455	19 450 (86%)		

* IP = incremento porcentual con respecto a las ventas de 1997.

** FAO, citada por Willer y Youssefi (2001).

*** Bélgica, Finlandia, Grecia, Irlanda, Portugal, España y Noruega.

Fuentes: ITC y SÖL, citados por Willer y Youssefi (2001); Youssefi, citado por Willer y Youssefi (2001); información estimada con base en datos recopilados de diversas fuentes.

En algunos casos, como Gran Bretaña, Suiza, Dinamarca y Suecia, se espera un crecimiento anual en las ventas de hasta 30% o 40% (Geier 2001, Richter *et al.* 2000, Willer y Youssefi 2001). En el año 2000, las ventas de productos orgánicos en 18 países (EEUU, Alemania, Japón, Francia, Italia, Gran Bretaña, Suiza, Holanda, Dinamarca, Austria, Suecia y otros países europeos) se estimó en US\$20 millardos (ITC y SÖL, citados por Willer y Youssefi 2001, Youssefi, citado por Willer y Youssefi 2001).

De mantenerse las tasas actuales de crecimiento en las ventas de productos orgánicos en los países de la Unión Europea y los EE.UU., se calcula que el mercado de productos orgánicos será de más de US\$100 millardos en el año 2006: US\$58 millardos en la Unión Europea y US\$47 millardos en los EE.UU. (CCI 1998, PROCOMER 2001).

Algo similar está sucediendo con la demanda y la oferta a lo interno de los países latinoamericanos, pero a un ritmo más lento. Lamentablemente, hay pocos estudios que cuantifican sistemáticamente esta información. Sin embargo, este tipo de productos aparecen cada vez con más frecuencia en los supermercados, y

en diversos estudios se ha determinado que existe una demanda aún no satisfecha de éstos (Aguirre 2001, Fonseca *et al.* 2000a y b, Soto 2001).

Literatura consultada

- AGROENLÍNEA 2002a. Panorama de la agricultura orgánica a nivel mundial. Newsletter Semanal n.º39, 12 de marzo del 2002. <http://www.agroenlinea.com/cgi-bin/WebObjects/Agro.woa/wa/verObjeto?class=EOAgronegocio&oid=781&pageName=PViewAgronegocio>
- AGROENLÍNEA 2002b. Aumenta la producción de café ecológico peruano. Newsletter Semanal n.º31, 18 de diciembre del 2001. <http://www.agroenlinea.com/cgi-bin/WebObjects/Agro.woa/12/wa/verObjeto?class=EOAgronegocio&oid=649&pageName=PViewAgronegocio>
- AGROENLÍNEA 2001. Situación y perspectivas de la agricultura orgánica en México. 10 de julio del 2001. <http://www.agroenlinea.com/cgi-bin/WebObjects/Agro.woa/10/wa/verObjeto?class=EOSuperTexto&oid=1924&pageName=PViewSuperText>
- AGROORGANICA 2001. Noticias & novedades. <http://www.agroorganica.com.br>
- Aguirre, JA. 2001. Comercialización y consumo de productos orgánicos en ferias y supermercados: Costa Rica 2001. In Chaves V, JA. Ed. Memoria: Intercambio sobre comerciali-

- zación de productos orgánicos. COPROALDE-CEDECO-UNED. San José, Costa Rica, Universidad Estatal a Distancia. p. 24-29.
- Amador, M; Valdes, H; García, JE. 2002. Tendencias del mercado orgánico, con énfasis en café orgánico. Acta Académica (Costa Rica) N.º 30. <http://www.uaca.ac.cr/acta/2002may>
- Calderón, E. 2001. La situación de la agricultura ecológica en Guatemala. AGRITRADE 2001: Guatemala, Guatemala. Datos tomados del compendio: "Información General del Sector de Productos Ecológicos", Subcomisión de Productos Ecológicos. Guatemala, AGEXPRONT. Inédito.
- CAPOC (Cámara Argentina de Productores Orgánicos Certificados) 2000. Estadísticas. <http://www.orgánico.com.ar/datos.html>
- CCI (Corporación Colombia Internacional) 2001. Productos Ecológicos. Sitios interesantes en internet. Santafé de Bogotá, Colombia. <http://www.cci.org.co/calidad/organicos/diinternet.html>
- CCI (Corporación Colombia Internacional) 1998. Comercio internacional. El comercio de productos orgánicos. Boletín CCI: Exótica 2(6): 4 <http://www.cci.org.co/publicaciones/revistas/exotica06.html>
- CCI (Corporación Colombia Internacional) 1997. El cultivo de bananito orgánico en Colombia. Monografía de producto. Boletín CCI: Exótica 1(3):1- 7. <http://www.cci.org.co/publicaciones/revistas/exotica03.html#monografia-%20de%20producto>
- CEDECO (Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense) 2001a. Brasil: producción de azúcar se expande. Boletín de Noticias N.º 4 (octubre).
- CEDOPEX (Centro de Estadísticas de Comercio Exterior) 2000a. Exportaciones nacionales por sector y producto. Santo Domingo, República Dominicana. http://www.cedopex.gov.do/estadisticas/agropecuarias_ene_ago2000.htm
- CEDOPEX (Centro de Estadísticas de Comercio Exterior) 2000b. Análisis de las exportaciones nacionales de productos orgánicos. Santo Domingo, República Dominicana. http://www.cedopex.gov.do/estadisticas/analisis_enero-junio_1999-2000.htm
- CMC (Consejo Mexicano del Café, A.C.) 2001. Exportación de café orgánico. México, D.F. <http://www.sagarpa.gob.mx/Cmc/cafe04sp7.htm>
- Coelho, CN. 2001. A expansão e o potencial do mercado mundial de produtos orgânicos. Secretaria de Política Agrícola do Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Brasil. Inédito.
- Del Cerro, T. 2001. Información de mercado de la Argentina. In Taller sobre Lineamientos para la Definición de una Estrategia Centroamericana y del Caribe para el Comercio de Productos Orgánicos y el Desarrollo de los Mercados Locales (2001, San José, Costa Rica). IICA.
- Echeverría, F. 2002. Cantidad de hectáreas certificadas y tamaño del mercado nacional de productos orgánicos en Costa Rica en el año 2000. San José, Costa Rica, Programa Nacional de Agricultura Orgánica/ MAG. Comunicación personal.
- ECOSUR 2002. Centro y Sudamérica: distintas miradas a la producción orgánica de la región. Agenda Orgánica (Chile) 2(3): 3.
- Esguerra G, G. 2001. La caficultura orgánica en Colombia. División de Estrategia y Proyectos Especiales de Comercialización, Federación Nacional de Cafeteros. Colombia. <http://www.encuentrobio2001.com/memorias/documentos/7.doc>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) 2001a. Agricultura orgánica. Datos por países. <http://www.fao.org/organicag/frame6-s.htm>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) 2001b. Los mercados mundiales de frutas y verduras orgánicas. Oportunidades para los países en desarrollo en cuanto a la producción y exportación de productos hortícolas orgánicos. Roma, Italia, CCI-CTA-FAO. 334 p.
- FAS-USDA (Foreign Agricultural Service-United States Department of Agriculture) 2000a. Market brief – Product. Mexico: the Mexican market for organic products. Foreign Agricultural Service, GAIN (Global Agriculture Information Network) Report #MX0016, 5 p. <http://www.fas.usda.gov/>
- FAS-USDA (Foreign Agricultural Service-United States Department of Agriculture) 1999. Organic updates. Organics in Mexico. <http://www.fas.usda.gov/htp2/circular/1999/99-08/organics.htm>
- Fonseca, MF de Albuquerque C; Campos, F. Ferreira de 2000a. Comercial strategies developed by organic farmers in the state of Rio de Janeiro – Brazil. In Alföldi, T; Lockeretz, W; Niggli, U. Ed. International IFOAM Scientific Conference (13, 2000, Frick, Schweiz). Proceedings. Research Institute of Organic Agriculture. p. 531.
- Fonseca, MF de Albuquerque C; Campos, F Ferreira de 2000b. The market of certified organic food in the state of Rio de Janeiro: the case of FVG (fruits, vegetables and greens). In Alföldi, T; Lockeretz, W; Niggli, U. Ed. International IFOAM Scientific Conference (13, 2000, Frick, Schweiz). Proceedings. Research Institute of Organic Agriculture. p. 535.
- Frontini, A. 2001. Proyecto Línea Verde del CIEDUR (Centro Interdisciplinario de Estudios sobre Desarrollo). Montevideo, Uruguay. Información tomada de El Observador (22.6.01). Comunicación personal.
- Funes M, F. 2001. Comunicación personal. Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes (IIPF), Ministerio de Agricultura. La Habana, Cuba.
- Geier, B. 2001. A short overview and facts on worldwide organic agriculture. Reports on organic agriculture worldwide. IFOAM. 2 p. <http://www.ifoam.org/orgagri/oaworld.html>
- Gitli, E; Arce, R. 2001. Consideraciones sobre el comercio internacional de los productos orgánicos en Centroamérica – Ideas sobre Costa Rica. San José, Costa Rica, Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible de la Universidad Nacional, Grupo Consultor Hemisferium. 21p. <http://www.hgcweb.com/comercio/gitliarceorganicosespanol.pdf>
- Gómez P, A. 2000. Agricultura orgánica en el Codex Alimentarius. Ponencia presentada en el Seminario "Protección del Consumidor desde las ONGs y el Codex Alimentarius". CEADU. Montevideo, Uruguay. Centro de Estudios Uruguayo de Tecnologías Apropriadas (CEUTA). <http://fp.chasque.apc.org:8081/ceuta/documentos/charla-%20ceadu.htm>
- Gómez T, L; Gómez C, MA; Schwentesius R, R. 1999. Desafíos de la agricultura orgánica. México, Mundi-Prensa. 224 p.
- Graf, S; Willer, H. Ed. 2000. Organic agriculture in Europe. Current status and future prospects of organic farming in twenty-five European countries. Stiftung Ökologie & Landbau: Bad Dürkheim, Germany. SÖL Sonderausgabe Nr. 75. 393 p. Results of the internet project [122](http://www.organic-</p>
</div>
<div data-bbox=)

- europe.net, co-funded by the European Commission, Agriculture Directorate-General.
- Grosch, P. 2001. Certificadora BCS-OKO Garantie. In Seminario "El mercado de productos ecológicos y la situación actual de la producción en Guatemala. Agritrade 2001: Guatemala, Guatemala. Comunicación personal.
- Groves, GC. 1998. Argentina. Organic update on Argentina's organic sector 1998. USDA, Foreign Agriculture Service, GAIN Report, Global Agriculture Information Network. GAIN Report N.º AR8066, 6 p. <http://www.fas.usda.gov>
- Gutiérrez, M. 2001. Orgánicos ganan terreno. Casos exitosos. Semanario El Financiero (Costa Rica) 315 (11-17.6.01): 12, 14.
- Haest, C. 2000. European market potential for organic produce. In Holderness, M; Sharrock, S; Frison, E; Kairo, M. Ed. Organic banana 2000: towards an organic banana initiative in the Caribbean. International Workshop on the production and marketing of organic bananas by smallholder farmers (1999, Santo Domingo, Dominican Republic). Report. p. 95-109. <http://www.inibap.org/publications/proceedings/organicbanana2000.pdf>
- Hager, R.J. 2000. Argentina, organic food report 2000. USDA, Foreign Agriculture Service, GAIN Report, Global Agriculture Information Network. GAIN Report N.º AR0005, 10 p. <http://www.fas.usda.gov>
- Halweil, B. 2001. Organic gold rush. http://www.gaia.org/services/gaianews/agriculture/detail_1257.asp
- IIFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements) 2000. Organic Agriculture Statistics World Wide. Latin America. Preliminary results of a SÖL survey in January 2000 (per 9.2.2000, continual updating). http://www.iifoam.de/statistics/statistics_latinamerica.html
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura) 2001. Aproximación a la oferta Centroamericana de productos orgánicos y análisis de su comercio. Amador, M. In Taller sobre Lineamientos para la Definición de una Estrategia Centroamericana y del Caribe para el Comercio de Productos Orgánicos y el Desarrollo de los Mercados Locales (2001, San José, Costa Rica).
- IIRBAvH (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt) ¿2000? Información de productos potenciales comercialmente. Colombia. <http://www.humboldt.org.co/biocomercio/html/iainfocom-prod.htm>
- Kaestner, M; Ingold, R. 1998. Oekologischer Landbau in Mittel- und Osteuropa. Jahrbuchreihen und Informationszentren in Polen, Tschechien, Ungarn und Russland. Stiftung Leben & Umwelt. Deukalion Verlag: Holm, Deutschland. Stiftung Ökologie & Landbau (SÖL) Sonderausgabe Nr. 71. 131 p.
- Lernoud, P. 2002. Lateinamerika – Latin America. En: Willer, H.; Youssefi, M. 2002. Organic agriculture worldwide 2002. Statistics and future prospects. Stiftung Ökologie & Landbau: Bad Dürkheim, Germany. SÖL Sonderausgabe Nr. 74. p. 111-126. http://www.soel.de/inhalte/publikationen/s_74_04.pdf
- Lernoud, P. 2001. Lateinamerika–Latin America. In Willer, H; Youssefi, M. Organic agriculture worldwide 2001. Statistics and future prospects. Stiftung Ökologie & Landbau: Bad Dürkheim, Germany. SÖL Sonderausgabe Nr. 74. p. 91-104. http://www.soel.de/inhalte/publikationen/s_74_03.pdf
- López, CE. 2000. The Dominican Republic experience. In Holderness, M; Sharrock, S; Frison, E; Kairo, M. Ed. International Workshop on the production and marketing of organic bananas by smallholder farmers (1999, Santo Domingo, República Dominicana). Report Organic Banana 2000: towards an organic banana initiative in the Caribbean p. 67-70. <http://www.inibap.org/publications/proceedings/organicbanana2000.pdf>
- Michelsen, J; Hamm, U; Wynen, E; Roth, E. 1999. The European market for organic products: growth and development. Department of Farm Economics 410A, University of Hohenheim, Stuttgart, Germany. Organic farming in Europe: Economics and policy, vol 7. 199 p.
- Moreta F, A. 2001. Urge un marco legal que avale más de US\$500 millones en exportación de productos orgánicos. Crece tendencia a consumir productos orgánicos. Listín Digital (Santo Domingo, República Dominicana) 14 de mayo del 2001. <http://www.listindiario.com.do/antes/140501/dinero/din17.html>
- Mundo Orgánico 2001a. Producción orgánica – Vegetal. Superficie cultivada en la Argentina. 5/7/2001. <http://www.agritotal.com/secciones/mundorganico/nota.asp?cid=6141>
- Mundo Orgánico 2001b. Producción orgánica – Comercialización. La comercialización de productos orgánicos certificados. 5/7/2001. <http://www.agritotal.com/secciones/mundorganico/nota.asp?cid=6143>
- O'Connor, L. 1999. Brazil organic. Organic farming in Brazil 1999. USDA, Foreign Agriculture Service, GAIN Report, Global Agriculture Information Network. GAIN Report N.º BR9616, 5 p. <http://www.fas.usda.gov>
- Offermann, F; Nieberg, H. 2000. Economic performance of organic farms in Europe. Department of Farm Economics 410A, University of Hohenheim, Stuttgart, Germany. Organic farming in Europe: Economics and policy, vol 5. 198 p.
- ONAGRI (Observatoire National de l'Agriculture) 2001. L'agriculture biologique. Republique Tunisienne, Ministère de l'Agriculture. April 2001. 27 p. <http://www.onagri.nat.tn/Dossiers/dossier66.PDF>
- Pena, S; Castelli, C; Berbery, MT. ¿1998? Producción orgánica en Argentina. In Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGPyA). Buenos Aires, Argentina. <http://www.sagpya.mecon.ar/publicaciones/publica.htm>
- PNAO (Programa Nacional de Agricultura Orgánica) 2001. Introducción a la agricultura orgánica. San José, Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería. 24 p.
- POM Inc. (Pro Organics Marketing Inc.) 2001. A global view of the organic food industry. Organic Living N.º 10 (Spring), 4 p. http://www.proorganics.com/newsletter/Issue10/A_Global_View.htm
- PROCOMER (Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica) 2001. Productos orgánicos: una alternativa. Enlace Mundial 4(5): 6-8, 10-11.
- Restrepo R., J. 2001. Consultor internacional en agricultura orgánica. Cali, Colombia, Comunicación personal.
- Rice, RA. 1998. La situación del café orgánico certificado en el mundo. Agricultura Orgánica (Cuba) 4(3): 18-20.
- Richter, T; Schmid, O; Meier, U; Halpin, D; Van Den Berge, P; Damary, P. 2000. Internationale Untersuchung von Einzelhandelsunternehmen hinsichtlich ihrer Aktivitäten zur Vermarktung von Bioprodukten. Abschlussbericht. Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL): Frick, Schweiz. 146 s.
- Sala, S. 2002. Un vigoroso dinamismo en el sector orgánico argentino. Gerente de la Cámara Argentina de Productores

- Orgánicos Certificados (CAPOC), Argentina. Inédito. Documento preparado especialmente para la UB. 4 p. Correo electrónico: wecosebastian@ciudad.com.ar
- SENASA (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria) 2000. Superficie destinada a la producción orgánica (ha), con base en la información suministrada por las certificadoras. Buenos Aires, Argentina. <http://www.senasa.gov.ar>
- Shull, P.A. 2000. Argentina. Organic products, apples, pears and cherries 2000. USDA, Foreign Agriculture Service, GAIN Report, Global Agriculture Information Network. GAIN Report N.º AR0072, 3 p. <http://www.fas.usda.gov>
- SICA (Servicio de Información Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador ¿1998?. Perspectivas del mercado para los alimentos y las bebidas de origen orgánico. <http://www.sica.gov.ec/agronegocios/nuevas%20agroexportaciones/panorama/alimenbe.html>
- SÖL (Stiftung Ökologie & Landbau) 2001. Organic agriculture world-wide – Links to information on individual countries. Bad Dürkheim, Germany. 10 p. http://www.soel.de/inhalte/oekolandbau/international_weltweit_infos.html
- Soto P, C. 2001. Demanda, oportunidades de mercado e intención de consumo de productos orgánicos. Una aproximación. Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense (CEDECO): San José, Costa Rica. 75 p.
- Suquilanda V, MB. 2001. La producción orgánica de cultivos en el Ecuador. Presentado en el Seminario “Procesos de certificación y producción orgánica”, Asociación de Graduados en la Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano, Subcápitulo Sierra del Ecuador, AGEAPSE. Quito, Ecuador. http://desarrollo.sica.gov.ec/agronegocios/productos-%20para%20invertir/organicos/agricultura_organica.htm
- Willer, H. (Hrsg.). 1998. Ökologischer Landbau in Europa. Perspektiven und Berichte aus den Länder der Europäischen Union und den EFTA-Staaten. Stiftung Ökologie & Landbau: Bad Dürkheim, Deutschland. Deukalion Verlag: Holm, Deutschland. Ökologische Konzepte 98, 392 p. <http://www.organic-europe.net>. http://www.soel.de/inhalte/oekolandbau/statistik_europa.html
- Willer, H.; Yussefi, M. 2001. Organic agriculture worldwide 2001. Statistics and future prospects. Stiftung Ökologie & Landbau: Bad Dürkheim, Germany. SÖL Sonderausgabe Nr. 74. 133 p. http://www.soel.de/inhalte/publikationen/s_74_03.pdf
- Wú G, S. 2001. Estudio sobre número de agricultores ecológicos certificados y sus respectivas áreas cultivadas. Grupo Eco-Lógica Perú. Comunicación personal. Tel. 433-50-60, Fax 433-10-73. C.e.: ecologic@ideas.org.pe
- Wú G, S; Ansión H, N; de la Cruz A, C; Jorquiera C, JL; Schreiber, F. 2002. BioMercado Perú. Oferta y demanda de productos ecológicos. Lima, Perú, Grupo Eco-Lógica Perú. 208 p.
- Zygmunt, J. 1998. Chile. Organics in South America. Organic Perspectives (FAS-USDA), december 1998. <http://www.fas.usda.gov/http2/organics/1998/dec98.htm#2>

Futuros Eventos

29 -31 Julio 2002

Curso Intensivo sobre Patología Florestal

Información:

Claudia Garbuio
Embrapa Floresta
Brasil
Correo electrónico
claudia@cnpf.embrapa.br

21 -24 Agosto 2002

14 Congreso Mundial Orgánico IFOAM

Información:

Maggie Barrett
Centro de Conferencias Victoria,
Victoria, BC Canadá
Correo electrónico:
Maggie.Barrett@gems5.gov.bc.ca ó
ifoam2002@cog.ca
www.cog.ca/ifoam2002

27-30 Agosto 2002

Taller Internacional de Inducción de resistencia y uso de tecnologías limpias para el manejo de plagas en plantas

Información:

Luis Pocasangre
INIBAP
Tel. (506) 558 2440, 558 2710
Fax: (506) 556 0606, 556 2431
Correo electrónico:
lpoca@catie.ac.cr

8-13 Setiembre 2002

XI Congreso Internacional de Acarología

Información:

J.B. Morales-Malacara
XI ICA Secretaría, Lab. de Acarología, Dept. de Biología, Fac. de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Coyoacán 04510 DF, México
Fax: 52-5-622-4828
JBMM@hp.fciencias.unam.mx

19 - 21 Setiembre 2002

IV Jornada Científica del Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov"

Información:

María Fonseca Flores
I.I.A. "Jorge Dimitrov"
Bayamo, CP 85100, Granma, Cuba.
Tel. (53) 023 92140, 92122, 92123
dimitrov@granma.inf.cu

21 - 25 Octubre 2002

Cursillo de Diagnóstico Entomológico para MIP

Información:

Luis L. Vázquez
INISAV
La Habana, Cuba
Tel: (537) 226788, 296189
Fax: (537) 240535
Correo electrónico:
lvazquez@inisav.cu

27 Octubre-2 Noviembre 2002

XV° Reunión de ACORBAT

Información:

Sabina Alvarez E.
AUGURA
Colombia
Tel. (574)321 1333
Fax (574) 321 4190
salvarez99@augura.com.co

12 - 14 Noviembre 2002

XXIV Congreso Nacional de Entomología

Información:

Servicio Agrícola y Ganadero.
Av. Bulnes N° 140 - Santiago, Chile
Fax 56-2-6966480
Correo electrónico :
marcos.beeche@sag.gob.cl

18- 30 Noviembre 2002

13° Curso Detección e Identificación de Virus, Viroides y Fitoplasmas

Información:

Dr.Javier Romero Cano
Laboratorio de Virología Vegetal del Departamento de Protección Vegetal, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA).
Madrid, España.
Romero@inia.es

26- 29 Noviembre 2002

XI Taller Iberoamericano y del Caribe sobre

Moscas Blancas y Geminivirus

Información:

Dr.Jorge Salas
Correo electrónico:
xitallembgeminivirus@hotmail.com

2 -5 Diciembre 2002

IX Congreso Venezolano de Hortalizas

Información:

Universidad Nacional Experimental del Táchira
Vicerrectorado Académico
Decanato de Extensión
Venezuela
refarrera@hotmail.com

17 - 20 Marzo 2003

3rd International Bemisia Workshop

Información:

Dr. Rosa Gabarra
Departamento de Protección Vegetal,
IRTA
Centre de Cabrils, España
mailto:bemisia2003@otac.com

Suscriba la Revista **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**

Si desea recibir información actualizada sobre plagas agrícolas y forestales, MIP, agroecología, agricultura orgánica y otras alternativas de producción agrícola sostenible generada en América Latina

ESTA PUBLICACIÓN LE OFRECE



Los trabajos más significativos en el tema en América Latina como apoyo a investigación, enseñanza, cooperación técnica y toma de decisiones.



Trimestralmente más de 100 páginas de información sobre MIP, Agricultura orgánica, agroecología y otras alternativas de agricultura sostenible, así como agromedicina, transferencia de tecnología, aspectos socioeconómicos, de género, entre otras.



Resultados de investigación, foros, revisiones de literatura, experiencias de los países, hojas técnicas, boletines especializados, reseñas de publicaciones, avances de investigación, entre otros



Más de 15 años de trayectoria y 63 números publicados



Artículos indizados en las bases de datos agrícolas y ambientales más importantes a nivel mundial

Unase a una amplia red de instituciones, técnicos y especialistas de América Latina que comparten información sobre el tema publicando en la Revista MIP

PROMOCION POR TIEMPO LIMITADO

Suscriba 2 años y obtenga un 20% de descuento, así como en números anteriores

Suscripción	1 año	2 años	Números sueltos
América Central	US \$20	US \$35	US \$4
Resto de América Latina y el Caribe	US \$25	US\$ 45	US \$5
Norte América, Europa, Africa y Asia	US\$ 35	US\$ 63	US \$7
Suscripción electrónica	US \$10	US\$ 18	

Conviértase en patrocinador de la revista

Manejo Integrado de Plagas y Agroecología

Si su empresa o proyecto está comprometido con la conservación de los recursos naturales, la protección del productor y del consumidor, así como de la producción agrícola sostenible, lo invitamos a ser patrocinador de esta Revista.

La revista **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**, es una publicación con 16 años de trayectoria, única en el tema en Latinoamérica, de alta calidad, gran prestigio y con amplia distribución en la comunidad técnica y científica latinoamericana.

El patrocinio consiste en un **aporte financiero anual, a convenir entre ambas partes**. Los patrocinadores reciben otros importantes beneficios, como:

- **Publicidad internacional** que reforzará su imagen como empresa o institución en pro del movimiento ecológico y el desarrollo sostenible.
- **Mención en la contraportada** de cada número de esta Revista, así como en la versión electrónica en internet.
- **Ejemplares gratuitos** de la Revista para sus técnicos o para su distribución, según su conveniencia.

Para información adicional consultar a la siguiente dirección:

**REVISTA MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS Y
AGROECOLOGÍA**

CATIE, 7170 Turrialba, Costa Rica

Tel.: (506) 558 2633 ó 556 1632

Fax: (506) 556 6282

lrodrigu@catie.ac.cr o cismip@catie.ac.cr



Patrocinadores

La Revista Manejo Integrado de Plagas se complace en anunciar que como parte de las actividades para generar ingresos que aseguren su sostenibilidad, ha iniciado la vinculación de "Patrocinadores" los cuales serán anunciados en este espacio.



**United States
Department of Agriculture
FAS/ICD/RSED**



**Autoridad Sueca
para el Desarrollo
Internacional (ASDI)**
(Contribución vía Presupuesto
Básico de CATIE)



**Proyecto Plagsalud
Organización Panamericana de la Salud**
San José, Costa Rica
Tel: (506) 223-1686
Fax: (506) 258-5830



**Fomento de Productos
Fitosanitarios No-Sintéticos**
Ministerio de Agricultura y
Ganadería, San José, Costa Rica
Tel: (506) 296-5715
Fax: (506) 232-0735