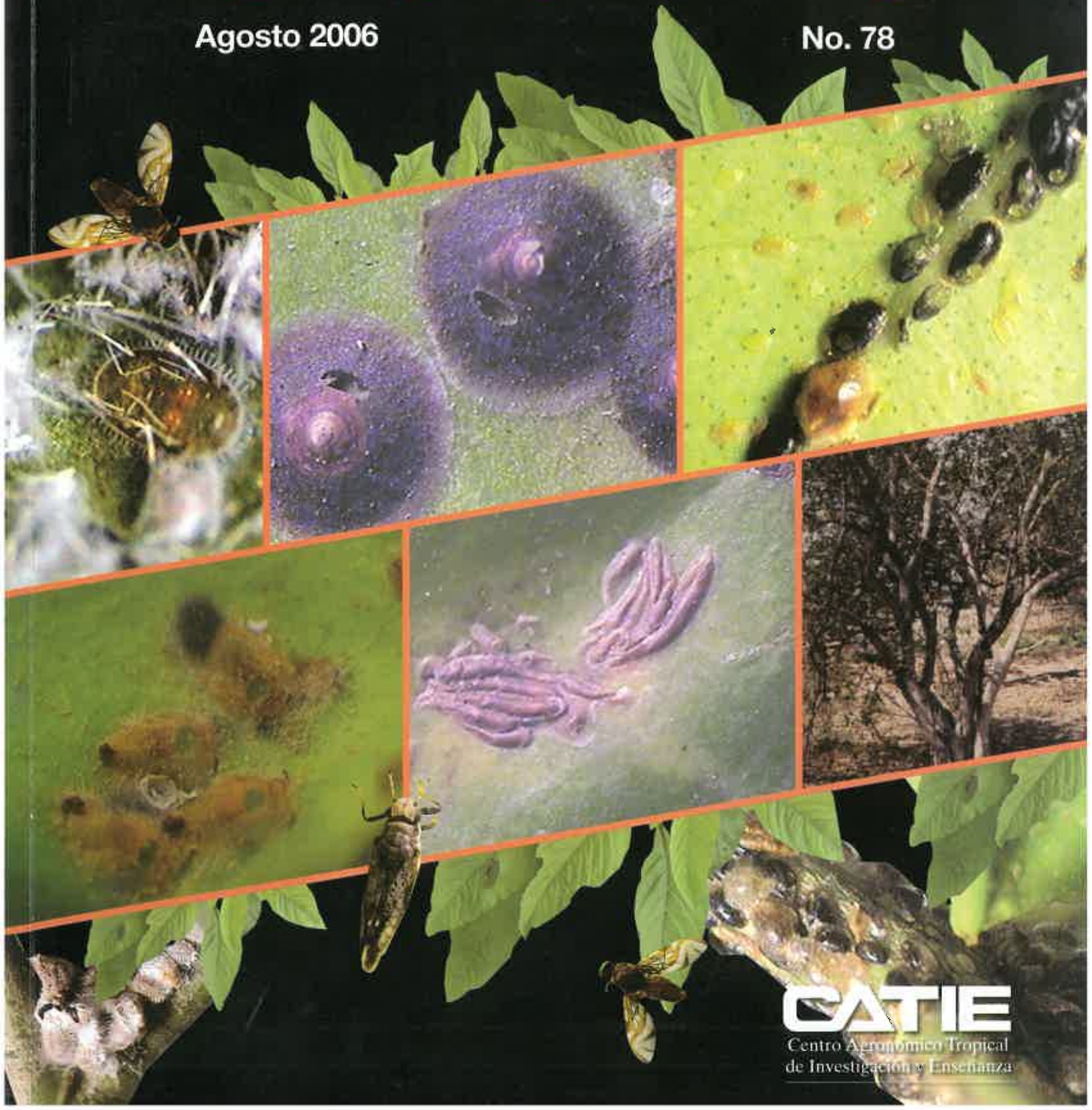


ISSN 1659-0082

# Manejo Integrado de Plagas y Agroecología

Agosto 2006

No. 78



**CATIE**  
Centro Agronómico Tropical  
de Investigación y Enseñanza

# Manejo Integrado de Plagas y Agroecología

- En congruencia con el lema institucional del CATIE de *producir conservando, conservar produciendo*, esta revista tiene como objetivo contribuir con el desarrollo de sistemas agrícolas y forestales sostenibles, la conservación de los recursos naturales, y la protección de la salud de los agricultores y los consumidores.
- Constituye un foro de discusión, así como un instrumento para la difusión de los resultados de investigación, experiencias prácticas y transferencia de tecnologías en los campos de la protección vegetal y la agroecología, con énfasis en la región neotropical.
- Cuenta con una sólida trayectoria, pues se publica de manera ininterrumpida y puntual, en forma trimestral (en marzo, junio, setiembre y diciembre) desde setiembre de 1986. Hasta marzo de 2002 se denominó *Manejo Integrado de Plagas*.
- Tiene un contenido versátil, ya que además de artículos científicos incluye textos de formato diverso (hojas técnicas, boletines, secciones especializadas, reseñas bibliográficas y anuncios de eventos), para así estimular la formación de redes de colaboración en el ámbito continental, en investigación, transferencia de tecnología, enseñanza y cooperación técnica, para contribuir así al desarrollo social y económico de los países de América Latina y el Caribe.
- Está indizada en bases de datos prestigiosas, como CAB International, Agrícola, Agris, Latindex y la International Society for Plant Information (ISPI), y además aparece en foros electrónicos especializados.
- Para garantizar su idoneidad, cada trabajo es revisado por al menos dos expertos en el tema de pertinencia, y dicho proceso es complementado con el arbitraje del Comité Editorial. Asimismo, se cuenta con un *Comité Editorial Internacional*, integrado por científicos de renombre mundial, que supervisa la calidad técnica de la revista y hace recomendaciones sobre políticas, contenido, formato, etc.
- Las ideas y opiniones contenidas en los artículos publicados son responsabilidad exclusiva de los autores y no reflejan necesariamente las del CATIE o de los patrocinadores de la revista.
- Sus costos de producción son cubiertos con aportes directos del CATIE, de la *Autoridad Sueca para el Desarrollo Internacional (ASDI)*, del *Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA/FAS/ICD/RSED)*, de los suscriptores, y de los patrocinadores comerciales o filantrópicos mencionados en la contraportada de la revista.
- Los idiomas exclusivos de publicación son español y portugués; solamente en casos muy calificados se aceptan artículos en inglés. Las *instrucciones para los autores* aparecen en las últimas páginas de la revista. En caso de duda, se puede consultar un número reciente, o contactar a la Editora.
- Los materiales contenidos en la revista pueden ser citados o reproducidos, siempre y cuando se mencione la fuente.
- El valor de la suscripción anual es de US\$ 30 (América Central), \$ 35 (resto de América Latina, el Caribe, Asia y África), \$ 45 (otros países), incluye el costo del correo aéreo. La versión electrónica (internet) cuesta \$ 20.

## Comité Editorial

Dr. Luko Hilje, *Director*  
Dra. Vera Sánchez  
M.Sc. Nelly Vásquez  
M.Sc. Gabriela Soto  
Dr. Joseph Saunders †  
Gabriela Gitli, *Editora*

## Comité Internacional

Dr. David Williams  
(USDA/FAS, Washington)  
Dr. Miguel Altieri  
(Universidad de California, Berkeley)  
Dra. Ann Braun  
(Paideia Resources, Nueva Zelanda)  
Dr. Steve R. Ghessman  
(Universidad de California, Santa Cruz)  
Dr. Michael E. Irwin  
(Universidad de Illinois, Champaign)  
Dr. Kevin Walker  
(IICA, Costa Rica)

**Dirección:** Luko Hilje

**Editora:** Gabriela Gitli

**Diseño y diagramación:** Saga Diseño

**Secretaria:** Yorlene Pérez

**Versión electrónica:** Yorlene Pérez

**Impresión:** Editorama S.A.

## Tiraje

1150 ejemplares.

## Correspondencia

Revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología  
CATIE

7170 Turrialba, **Costa Rica**

Tel. (506) 558 2633/558 2408

Fax. (506) 558 2045/558 2060

Correo electrónico: [ggitli@catie.ac.cr](mailto:ggitli@catie.ac.cr) ó [cicmip@catie.ac.cr](mailto:cicmip@catie.ac.cr)

[www.catie.ac.cr](http://www.catie.ac.cr)

## Fecha de inicio y periodicidad:

No 1, setiembre, 1986

Cuatrimestral (abril, agosto, diciembre)



Los cítricos son los frutales de mayor importancia económica en el Estado de Tamaulipas, México. La negrilla, *Phyllocoptruta olivivora* Ashmead, es la plaga primaria más común, pero se han registrado 54 especies (48 de insectos, 6 de ácaros) como plagas potenciales. Se han recolectado 44 especies de parasitoides (Hymenoptera) y 15 de depredadores (Coleoptera, Diptera, Neuroptera y Phytoseiidae). Las *Experiencias* de este número comentan el estatus actual y el manejo de las principales plagas de los cítricos en Tamaulipas y de sus enemigos naturales. (Fotos proporcionadas por el Dr. Enrique Ruiz).

# Manejo Integrado de Plagas y Agroecología

Agosto 2006

No. 78

## CONTENIDO

### BIOGRAFÍA

**Ing. Agr. Oscar Demetrio Beingolea Guerrero (1920-2001): entomólogo agrícola y cultor de principios bioecológicos**  
Pedro G. Aguilar ..... 1-7

### FORO

**El ser humano y la economía de la naturaleza**  
José R. Cure, Andrew P. Gutiérrez ..... 8-16

### ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

**Calendarización, uso racional, sustitución y rediseño: una comparación entre horticultores orgánicos y convencionales en Costa Rica**  
Neidy Clavijo, Cornelius Prins, Vera Sánchez, Gabriela Soto, Charles Staver ..... 17-27

**Distribuição vertical de lagartas *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) em plantas de algodão**  
Marcos Gino Fernandes, Anderson Miguel Silva, Paulo Eduardo Degrande, Antonio Carlos Cubas ..... 28-35

**Manejo integrado de *Hypothenemus hampei* bajo dos modelos de capacitación y difusión en México**  
Ramón Jarquín-Gálvez, Juan F. Barrera, Luis García-Barrios, Falguni Guharay, Leobardo Jiménez-Sánchez ..... 36-45

**Variación populacional de *Phyllocnistis citrella* e parasitismo em variedades de citros sob manejo orgânico**  
Caio F. S. Efrom, Luiza R. Redaelli, Lúcia M. G. Diefenbach ..... 46-55

**Avances en el control biológico de *Botrytis cinerea* en chile y tomate cultivados bajo techo**  
William Salas Brenes, Vera Sánchez Garita ..... 56-62

**Selección de cepas de *Bacillus thuringiensis* con efecto nematocida**  
María Elena Marquez Gutiérrez, Emilio Fernández González ..... 63-69

**Uso de trampas con kairomona para el manejo de la broca de la areca (*Coccotrypes carpophagus*) (Hormung) en la palmera *Chrysalidocarpus lutescens* var. *areca***  
Ericka Villalobos, Helga Blanco Metzler ..... 70-75

**Control hidrotérmico de *Colletotrichum gloeosporioides* Penz en mango (*Mangifera indica* L.)**  
Olivier Rondón, Nelly Sanabria de Albarracín, Amado Rondón ..... 76-79

**Compatibilidad de *Beauveria bassiana* con fenoxycarb**  
Carmen Vásquez, Yamillé Saldarriaga, Fabio Pineda ..... 80-85

### NOTA TÉCNICA

**Enfermedades de las semillas de soja en Argentina**  
Teresa Gally ..... 86-90

**Falsa mancha angular del frijol: una enfermedad que avanza en Costa Rica**  
Walter Barrantes S., Carlos Manuel Araya F., Alejandro Esquivel H. .... 91-93

### EXPERIENCIAS

**Situación actual del manejo de las plagas de los cítricos en Tamaulipas, México**  
Enrique Ruiz C., Juana MA Coronado B., Svetlana N. Myarsteva ..... 94-100

### HOJA TÉCNICA

**El injerto en la producción de cacao orgánico**  
Jorge Echeverri Rodríguez ..... 101-105

**Boletín Plagas Forestales Neotropicales** ..... 106

**Futuros Eventos** ..... 108

**Guía para Autores** ..... 109-110

## 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, Paraguay, 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.

### Misión y Visión

#### Misión

Contribuir a la reducción de la pobreza rural en el trópico americano, promoviendo una agricultura y manejo de recursos naturales competitivos y sostenibles, a través de la educación superior, investigación y cooperación técnica.

#### Visión

El centro científico regional para la agricultura y el manejo de los recursos naturales dedicado al desarrollo rural sostenible y a la reducción de la pobreza en América tropical.

**Director General**  
Pedro Ferreira Rossi

**Programa de Educación  
para el Desarrollo y la Conservación**  
Glenn Galloway

**Proyección Externa**  
Jorge Jiménez

**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)

**EL SALVADOR**  
Apartado Postal 1-96  
41 Avenida Sur #539  
Colonia Flor Blanca,  
San Salvador,  
El Salvador  
Tel.: (503) 2298-6833  
Fax: (503) 2298-9789  
Correo electrónico:  
catiees@integra.com.sv

**GUATEMALA**  
Apartado postal 76-A,  
2da Ave. 7-15. Zona 14,  
Los Arcos. Guatemala,  
Guatemala  
Tels. (502) 2366 2650  
Fax (502) 2366 1080  
Correo electrónico:  
catieguatemala@intelnet.  
net.gt

**HONDURAS**  
Primera planta, edificio  
principal Secretaría de  
Agricultura y Ganadería  
SAG  
Bulevar Miraflores ave-  
nida La FAO  
Tegucigalpa, Honduras  
Tel. (504) 235 6609  
Fax (504) 235 6610  
Apartado postal# 2088  
Tegucigalpa, Honduras  
correo:  
catiehonduras@multidata.  
hn

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

**PANAMÁ**  
Apartado Postal  
08160-1332  
Clayton Ciudad del Saber  
Edificio No. 20, Planta  
Baja. Panamá, Panamá  
Telefax: (507) 500-0514  
Correo electrónico:  
catiepanama@cwpanama.  
net

**BOLIVIA**  
Calle Batallón Colorados  
Edificio El Condor No.24.  
Piso 10, Oficina 1006  
-1007. La Paz, Bolivia  
Telefax:(591) 2 2442 193  
Correo electrónico:  
catiebolivia@catie.ac.cr

## Enlaces Institucionales

**BELICE**  
Dr. Salvador Monge  
Representante IICA  
Apartado Postal #448,  
Belmopán, Belice  
Tel.: (00501) 822 0022  
Fax: (00501) 822 0286  
Correo electrónico:  
salvador.monge@iica.int

**COLOMBIA**  
Convenio Universidad Tecnológica de  
Pereira-CATIE.  
Apartado Postal 097, Pereira, Colombia  
Tel. directo (00576)  
321 3651  
Telefax: (57) 63218738  
Correo electrónico:  
catiecolombia@utp.edu.co

**CATIE** Centro Agronómico Tropical  
de Investigación y Enseñanza

[www.catie.ac.cr](http://www.catie.ac.cr)



## Ing. Agr. Óscar Demetrio Beingolea Guerrero (1920-2001):

entomólogo agrícola y cultor de principios bioecológicos

Pedro G. Aguilar Fernández<sup>1</sup>

### Introducción

El 30 de junio del 2006, la Sociedad Entomológica del Perú (SEP) cumplió el Cincuenta Aniversario de su fundación. En la serie de charlas programadas en Lima para tal ocasión, el Dr. Marc Dourojeanni, uno de los expresidentes invitados, llegó desde Brasil para tratar el tema “La Entomología en el contexto ambiental”. Al iniciar su exposición mereció un espontáneo y sonoro aplauso de la concurrencia cuando dijo: *“Esta charla, aunque es apenas una ligera revisión bibliográfica sin pretensiones, es un respetuoso homenaje póstumo del autor a Óscar Beingolea Guerrero, quien presidió la Sociedad Entomológica del Perú pero que, mucho más que eso, supo sacarnos de la rutina del quehacer diario y, con sus artículos y conferencias, nos elevó a todos hasta las alturas de la novedad científica, de la imaginación productiva y amena, y dio una perspectiva filosófica a nuestra actividad como entomólogos.”*

Así es el profundo recuerdo y el reconocimiento que tenemos de Óscar Beingolea Guerrero, ecólogo y sobresaliente entomólogo agrícola, quien asimiló las enseñanzas de su maestro, el Dr. Juan E. Wille, y fue permanente cultor de la regla de oro que de él aprendió y aplicó con relación a la sanidad vegetal: *“Todos los extremos son malos”*. Por ello, los 56 años de actividad profesional de Óscar significaron, sin desmayo, una contribución científica que creció y fue agigantándose a favor del actual manejo integrado de plagas (MIP) que Wille, como biólogo, llamó desde 1942 “Control Racional de Plagas”, basado en principios de Ecología Aplicada.

Nos conocimos con Óscar en enero de 1950, cuando él (Promoción Escuela Nacional de Agricultura, ENA, 1945, Lima) se integró al Servicio Entomológico del Valle del Chillón o Carabayllo, en el departamento de Lima, destacado por el Ministerio de Agricultura para colaborar

en el control de plagas del algodón. Dicho servicio había sido establecido en 1947, en forma cooperativa, por la Asociación de Agricultores de dicho valle; algo semejante había ocurrido en casi todos los valles de la costa del Perú. El jefe del servicio entomológico de este valle limeño era el ingeniero agrónomo don José M. Lamas Carrera (Promoción 1930, ENA, Lima), colaborador inmediato de Wille y con entrenamiento en Alemania.

Desde agosto de 1949, quien esto escribe estaba iniciándose en el conocimiento de las plagas del algodón, en la hacienda Chuquitanta del mencionado valle. Su formación en Entomología, como biólogo de la Universidad de San Marcos, Lima, Promoción 1948, se refería a aspectos de ecología básica relacionada con insectos polinizadores y adaptaciones de los artrópodos a las condiciones de las lomas de la costa desértica peruana. La mayor suerte para mí fue que ambos agrónomos conociesen personalmente a mi maestro universitario, el profesor Dr. Wolfgang K. Weyrauch, un zoólogo y ecólogo alemán que se encontraba investigando en el Perú desde 1938. Esto facilitó mi relación como aprendiz, y después como entomólogo, con los experimentados Lamas y Beingolea, quienes fueron mis verdaderos maestros en Entomología Agrícola, en el campo, en el laboratorio y en las responsabilidades que esta actividad conlleva.

Desde su graduación, Óscar había iniciado su trabajo sobre insectos y ya tenía experiencia con la langosta migratoria. Durante cinco años consecutivos, durante el verano austral, de enero a marzo, fuimos compañeros de trabajo. En abril se reincorporaba a la Brigada de Sanidad Vegetal en el Ministerio de Agricultura, para atender labores en diferentes cultivos en otros lugares y regiones del Perú. Para mí fue enriquecedor trabajar con ellos, quienes, como discípulos del mismo maestro, aplicaban igual

<sup>1</sup> Sociedad Entomológica del Perú, Calle César López Rojas 465, Lima 32, Perú. pgaf@terra.com.pe, paguilar@imarpe.gob.pe



Óscar Beingolea exponiendo su trabajo ganador de la Medalla de Oro del PREMIO WILLE. Primer Congreso Latinoamericano de Entomología. Cusco, Perú. Abril 1971.

filosofía en el tratamiento de las plagas. Ambos anotaban todos sus registros y observaciones; los sistematizaban en el decurso de la campaña algodonera, sin descuidar detalle del conjunto de artrópodos benéficos, a fin de tener una visión integral de cada año.

En 1956 se fundó la Sociedad Entomológica del Perú, con J.E. Wille como presidente honorario y J.M. Lamas como presidente ejecutivo. Me tocó ser secretario y editor fundador de la Revista Peruana de Entomología (RPE). Así logramos continuar y estrechar nuestra relación profesional, científica y de amistad. En 1958, en el primer número de la RPE, Óscar fue uno de los primeros autores y se convirtió en un permanente colaborador, con excelentes trabajos, hasta 1994. Su biblioteca era muy amplia y su conexión con entomólogos de nota era sorprendente. Además del español y el inglés conocía el francés, portugués, alemán e italiano.

Pero no solamente publicó en nuestra RPE, sino también varios libros sobre temas entomológicos y ecológicos. Su última obra, publicada en 1999, *Los cazadores y los cazados*, significó para él algo así como la cúspide de su conocimiento referido a la depredación, tema que según él mismo refiere “..... y ha sido, para mí, una suerte de obsesión desde que yo recuerde”. En otra parte dice: “Durante toda mi vida he robado tiempo —primero al estudio y después al trabajo— para acumular información

sobre la vida, con todos sus azares, y las costumbres de los animales. Vivido está en mi mente el placer de muchas lecturas maravillosas que disfruté cuando joven”. Se refería a las obras de Mauricio Maeterlinck sobre abejas, hormigas, termitas, arañas, los *Recuerdos Entomológicos* de Jean Henry Fabre, lo mismo que a los relatos sobre leones y tigres de Roman Proske, Alfred Court, Gugisberg, Schaller, Corbet, Clyde Beatty, Ballantine y otros, las cuales califica como “un gran deleite para un alma sorprendida ante el tesoro que encierra el mundo animal”.

Sus trabajos no eran, pues, una mera puesta en práctica de una técnica de entomología aplicada, sino que se elevaban a conceptos biológicos y ecológicos básicos y también filosóficos.

### **La labor de Óscar Beingolea en el Ministerio de Agricultura (1946 -1977)**

En 1945 egresó de la Escuela Nacional de Agricultura La Molina. Al año siguiente inició sus servicios en la Dirección de Sanidad Vegetal del Ministerio de Agricultura. Inicialmente fue destacado al Departamento de Entomología de la Estación Experimental Agrícola La Molina, cuyo jefe era J. E. Wille.

El primer trabajo que se le encomendó fue en el norte del Perú: atender un problema sobre langosta en la sierra

de Jaén. Esta experiencia motivó su tesis para el título de ingeniero agrónomo. Desde entonces, una característica de Óscar era llevar, en todo momento, una lupa 15× en el bolsillo de su camisa, sostenida por una cinta fina, que le rodeaba el cuello. Así podía observar insectos en cualquier circunstancia.

Posteriormente, con sus colegas Juan Salazar Torres y Juan Pacora Rosales, también del Ministerio de Agricultura, constituyeron un grupo especializado que estableció un plan de combate de las langostas, siempre con la colaboración de campesinos y agricultores en tres zonas de la sierra: Ayacucho (centro), en La Convención, Cusco (sur) y en La Libertad-Lambayeque-Cajamarca (norte). Con el transcurso de los años, fueron afianzando la metodología de control de esta plaga. Las acciones fueron siempre de tipo integrado, principalmente en la madrugada, cuando la baja temperatura impedía la movilización de los individuos: control químico, con insecticida aplicado con asperjadores manuales en los focos de propagación; control mecánico, agitando las ramas de los arbustos o árboles donde se guarecían adultos y juveniles, y al caer al suelo eran recogidos en latas o sacos para luego quemarlos. También se excavaban zanjas para la acumulación de estados de saltadoras, durante su avance en los campos, donde luego se procedía a quemarlos. Además, se asperjaban grandes áreas, con avión en casos necesarios. Lamentablemente, esta técnica no perduró con la Reforma Agraria de los años 70, y se dio preferencia al control químico puro. Estas experiencias y otras más sirvieron para redactar después un manual para combate de las langostas.

En todo momento permaneció unido ese trío de entomólogos, con la meta de ampliar el empleo de enemigos biológicos de las plagas. Así lograron que el Ministerio de Agricultura estableciera en 1956 un Programa Especial de Control Biológico, que se inició con un laboratorio situado en un local provisional de la Estación de Cuarentena Vegetal, en el Callao. Se afianzó allí la crianza de diversas especies de parasitoides y depredadores, el estudio de sus ciclos biológicos y, también, la propagación de insectos benéficos en diferentes cultivos en casi todos los valles del Perú. Además, se procedió a importar insectos benéficos de otros países, teniendo ya la experiencia acumulada en la crianza de estos organismos. En 1961, este programa especial logró apoyo para la construcción de un local destinado al funcionamiento del Centro de Introducción y Cría de Insectos Útiles (CICIU) en el valle del Rímac, cuyos primeros directores fueron sucesivamente Beingolea, Salazar y Pacora. Este laboratorio se fortaleció con nuevos especialistas allí formados, y desde su modesto inicio en 1956 ha cumplido más de medio siglo de actividad. Actualmente integra el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA)

del Ministerio de Agricultura, y desde 1996 se le ha dado el nombre de Programa Nacional de Control Biológico. Estas actividades para llevar a la práctica y difundir el control biológico de plagas de insectos, han logrado con gran éxito, aunque no siempre fácil, la propagación y también la introducción de parasitoides y depredadores para los cultivos de alfalfa, algodón, café, caña de azúcar, cítricos, maíz, olivos, palma aceitera y plátano.

Óscar fue siempre el ejecutor más dedicado y más versado en todas estas actividades, y redactó muchos informes y trabajos, para comunicar y difundir, con mucha autoridad, los resultados directamente a los agricultores, lo mismo que en reuniones nacionales e internacionales. En 1971, en ocasión de un simposio realizado en el Primer Congreso Latinoamericano de Entomología, principalmente el Dr. Ray Smith llegó a comprenderse y comprender la participación de la Escuela Entomológica Peruana, desde la llegada de Wille en el año 1929 y sus principios de ecología aplicada al control de plagas de insectos, en el desarrollo del MIP, es decir, que no solamente trataba de restringir los insecticidas, sino conocer la acción de todos los factores ecológicos (físicos, químicos y biológicos), además de agronómicos y legales, relacionados con los seres vivos: la planta cultivada, sus plagas y los enemigos naturales de estas plagas.

Sus publicaciones sobre control biológico (CB) y MIP referidas a diferentes cultivos llegaron a dieciocho. En ellas, además de especies en particular, se refirió al Perú en general, de manera amplia en diferentes oportunidades, abordando temas como la regulación natural de plagas; el futuro del MIP y el CB en el Perú; y la producción agrícola y la conservación de los recursos naturales, entre otros.

Muy de cerca pude apreciar la fructífera labor de Óscar en sus observaciones en el algodón, que dieron origen a un total de quince publicaciones, y también su participación en foros internacionales sobre control biológico en la FAO. Mi incorporación a tiempo completo en la enseñanza universitaria me alejó un poco de la actividad en el campo, pero nuestra comunicación con él y con José M. Lamas era permanente.

Sobre el cultivo de cítricos efectuó nueve publicaciones. Para sus estudios en taxonomía de los Ortheziidae del Perú (“Descripción de ocho especies y una subespecie nuevas para la ciencia”), compró un estereoscopio para trabajar en su domicilio, con toda libertad; es decir, su dedicación era total.

En 1969 sobresalió el trabajo “Rehabilitación de un huerto de cítricos como ejemplo de factibilidad de control integrado de plagas en los cítricos en el Perú” con la colaboración de sus colegas Juan Salazar e Ivar Murat.



De derecha a izquierda: Oscar Beingolea, Ivan Tomsic (Administrador de la Hacienda La Molina del Valle Chillón, Lima) y Pedro G. Aguilar en un descanso del medio día en la visita a esa hacienda, para la inspección del cultivo algodonerero (6 enero 1958).

Dicho trabajo posteriormente fue presentado (en inglés) en la IV Reunión del Cuadro de Expertos en Control Integrado de Plagas de la FAO.

### **En la Sociedad Entomológica del Perú (SEP)**

Fue socio fundador en 1956; Presidente en 1960-61, 1964-65 y 1968-69, y socio honorario desde 1986. La Convención Nacional de Entomología de Huancayo, en el 2001, llevó su nombre como un homenaje póstumo. Publicó 38 trabajos en la Revista Peruana de Entomología. Durante su presidencia, la SEP cumplió con todos sus objetivos, y fue un distinguido representante de ella ante el Ministerio de Agricultura, ante otras entidades del sector, lo mismo que ante las universidades que nos acogieron para la realización de nuestras convenciones o congresos anuales.

### **Participación en conferencias científicas y técnicas internacionales**

Representando al Perú, Óscar Beingolea participó en forma activa, con exposiciones en muchas reuniones internacionales. Seminario de Sanidad Vegetal. Berlín (1963); Reuniones del Comité Consultivo Internacional del Algodón, XXIII en Frankfurt (1964), XXIV en Washington (1965), XXV en Lima (1966); Seminario de Educación Agrícola Superior, Zona Andina y First Internacional Citrus Symposium, Riverside, California (1968); Primer Congreso Latinoamericano de Entomología, Cusco, Perú (1971); Reuniones sobre Política Sanitaria de los países del Pacto Andino (1972 y 1974); Simposio sobre Ciencias Ambientales en Países en Desarrollo, Kenya, Nairobi (1974); Reuniones del Cuadro de Expertos en Control Integrado de Plagas de la FAO, en Roma (1970), en Berkeley (1974), y en Karachi, Pakistán (1975); Conferences on the Future Trends of Integrated Pest Management, Bellagio, Italia (1980); Métodos para el control racional de la langosta (1989); Consulta Sudamericana sobre MIP en la Agricultura Campesina. Chile (1990); 1991: Centenario del Control Biológico. Berkeley, California; y en octubre, XII Congreso Internacional de Protección Vegetal, Rio de Janeiro; Mesa Redonda de la Sección Regional Neotropical de la OILB.

### **Algunas notas biográficas**

Óscar Demetrio Beingolea Guerrero nació en Lima, el 10 de noviembre de 1920. Fue el menor de siete hermanos. Cursó su instrucción secundaria en el Colegio Nacional Alfonso Ugarte de Lima (1934-1938), y la superior en la Escuela Nacional de Agricultura La Molina (1940-1945), actualmente Universidad Nacional Agraria La Molina. Contrajo matrimonio en 1952 con Eglantina Masaveu, con quien tuvo dos hijos, Rosario y Oscar, y dos nietos, Adriano y Daniel.

Una beca de especialización en los Estados Unidos contribuyó a su formación sobresaliente y fortaleció su compromiso con la entomología agrícola. Era un excelente nadador y muy dedicado a la cultura física; a diario practicaba gimnasia y su salud fue muy buena. Su deceso a los casi 81 años de edad fue ocasionado por un derrame cerebral.

Desde abril 1946 hasta noviembre 1977 fue profesional activo en el Ministerio de Agricultura. Hasta 1964, fue entomólogo destacado al Departamento de la Estación Experimental Agrícola La Molina. Hasta 1975 fue Subdirector de Sanidad Vegetal e Inspección y Control Agrícola de la Dirección de Producción Agrícola del Ministerio de Agricultura. De 1975 a 1977 fue Jefe del Centro de Introducción y Cría de Insectos Útiles (CICIU).



Después de su cesantía en el Ministerio de Agricultura, fue contratado por la FAO para diversas actividades: consultor en control integrado de plagas, principalmente algodón, en la zona de Sahel, África; Multán, Pakistán; Meiktila, Burma; Aleppo, Siria; Malang, Indonesia; Deir es Zoor, Siria; Wad Madani, y Sudán; y consultor en control biológico de plagas de arroz y girasol en Meiktila, Burma, y en control integrado de cítricos en Madang, Indonesia. También fue contratado por EMBRAPA como Consultor en Entomología Aplicada, Campina Grande, Brasil.

Recibió múltiples distinciones, como la Orden del Mérito Agrícola en el Grado de Comendador, otorgada por el Ministerio de Agricultura (1964); Medalla de Oro del Premio Wille del Perú, en ocasión del Primer Congreso Latinoamericano de Entomología en Cusco (1971); Diploma de Honor, otorgado por el Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agraria (INIPA) del Ministerio de Agricultura (1985); considerado entre Top People in Perú, por Perú Report (1992); Diploma de Honor, por su destacada contribución al Desarrollo Agrario Nacional como Investigador Profesional otorgado por el Ministerio de Agricultura (1993); Medalla del Colegio de Ingenieros del Perú, por sus valiosos aportes a la investigación entomológica en beneficio del desarrollo del país (1993); considerado entre Los Grandes del Agro por la revista Agronoticias en ocasión de la edición número 150 (1993); y reconocimiento como Científico Destacado, otorgado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del Perú (1994).

Perteneció a varias sociedades científicas y profesionales, como la Organización Internacional de Control Biológico (OILB), Presidente de la Región Neotropical en 1971 y Cuadro de Expertos de la FAO. En 1990, el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) lo incorporó como asesor, cargo que desempeñó con la responsabilidad que siempre lo caracterizó, hasta el 9 de julio del 2001, día de su fallecimiento.

Su desempeño en sanidad vegetal en todo el territorio peruano, sus múltiples y muy autorizados trabajos publicados, en español e inglés, la representación que el Perú le encomendó en tantos foros internacionales, además de los homenajes y los premios del Ministerio de Agricultura y otras instituciones nacionales, lo han calificado siempre como un candidato nato para el grado de Doctor Honoris Causa de la Universidad Agraria La Molina. Lamentablemente, este reconocimiento no pudo lograrse.

En sus exposiciones era claro y profundo. Su conversación era enriquecedora, bajo todo aspecto. Honesto a toda prueba. El recuerdo de Oscar Demetrio Beingolea Guerrero es imperecedero.

## Las publicaciones de Óscar Beingolea

### Tesis

Beingolea, O. 1950. El Problema de las Langostas en Jaén. Tesis para ingeniero agrónomo. Escuela Nacional de Agricultura.

### Revistas científicas

- Beingolea, O. 1957. Notes on a Chamaemyiid (Diptera: Chamaemyiidae), predator of the eggs of *Orthezia insignis* Douglas (Homoptera: Ortheziidae) in Perú. Bull. Brooklyn Ent. Soc. 52(5): 118-121.
- Beingolea, O. 1958. Resistencia de insectos a insecticidas, con ejemplos en el Perú. Rev. Per. Ent. Agríc. 1(1): 51-58.
- Beingolea, O. 1959a. Notas sobre la bionómica de arañas e insectos benéficos que ocurren en el cultivo de algodón. Rev. Per. Ent. Agríc. 2(1): 36-44.
- Beingolea, O. 1959b. Notas sobre *Hyalochloria denticornis* Tsai Yu Hsiao (Hemiptera: Miridae) predador de los huevos de *Anomis texana* Riley (Lepidopt.: Noctuidae). Rev. Per. Ent. Agríc. 2(1): 51-58.
- Beingolea, O. 1959c. Notas sobre *Encarsia* spp. (Hymen.: Aphelinidae), parásito de los huevos de *Anomis texana* Riley (Lepidopt.: Noctuidae). Rev. Per. Ent. Agríc. 2(1): 59-64.
- Beingolea, O. 1959d. El problema de la mosca blanca lanuda de los cítricos en el Perú, *Aleurothrixus floccosus* Mask. (Homopt.: Aleyrodidae). Rev. Per. Ent. Agríc. 2(1): 65-67.
- Beingolea, O. 1960. Notas adicionales sobre *Hyalochloria denticornis* Tsai Yu Hsiao (Hemipt.: Miridae), predador de los huevos de *Anomis texana* Riley (Lepidopt.: Noctuidae). Rev. Per. Ent. Agríc. 3(1): 1-5.
- Beingolea, O. 1961a. Morfología y biología de *Hyalochloria denticornis* Tsai Yu Hsiao (Hemipt.: Miridae), predador de los huevos de *Anomis texana* Riley (Lepidopt.: Noctuidae). Turrialba 2(2): 42-46.
- Beingolea, O. 1961b. El valle de Palpa como ejemplo de la posibilidad de integrar medidas de control químico y biológico en las plagas de los árboles cítricos. Rev. Per. Ent. Agríc. 4(1): 1-3.
- Beingolea, O. 1961c. Notas sobre *Melaleucopis ortheziavora* Sabrosky (Dipt.: Chamaemyiidae) predador de los huevos de *Orthezia insignis* Douglas (Homopt.: Ortheziidae). Rev. Per. Ent. Agríc. 4(1): 67-68.
- Beingolea, O. 1961d. Problemas entomológicos de los valles de Moquegua y Tacna y soluciones a los mismos. Rev. Per. Ent. Agríc. 4(1): 69-73.
- Beingolea, O. 1962a. Regulación natural de las poblaciones de animales, control biológico y control integrado de plagas de la agricultura. Rev. Per. Ent. Agríc. 5(1): 1-30.
- Beingolea, O. 1962b. Empleo de insecticidas orgánicos en el Perú y posibilidades de reducirlo por medio del control integrado. Rev. Per. Ent. Agríc. 5(1): 31-38.
- Beingolea, O. 1962c. Factores ecológicos y poblaciones del gusano de la hoja del algodón, *Anomis texana* Riley (Lepidopt.: Noctuidae). Rev. Per. Ent. Agríc. 5(1): 39-77.
- Beingolea, O. 1963. Sumario Bio-ecológico de la langosta migratoria sudamericana en el Perú (*Schistocerca cancellata* Serv. = *S. paranensis* Burm.). Rev. Per. Ent. Agríc. 6 (1): 39-60.
- Beingolea, O. 1965. Notas sobre *Orthezia olivicola* sp. n., plaga del olivo en el Perú Rev. Per. Ent. Agríc. 8(1): 1-43.
- Beingolea, O. 1966a. Evidencia de la existencia de niveles de infestación tolerables por el arrebiatado, *Dysdercus peruvianus* Guerin (Hemipt.: Pyrrhocoridae), y la posibilidad de un control

- económico por medio de trampas de semilla de algodón. Rev. Per. Ent. Agríc. 9(1): 170-173.
- Beingolea, O. 1966b. Observaciones adicionales sobre la ecología de *Anomis texana* Riley (Lepidopt.: Noctuidae), gusano de la hoja del algodón. Rev. Per. Ent. Agríc. 9(1): 167-169.
- Beingolea, O. 1967. Control biológico de las plagas de los cítricos en el Perú. Rev. Per. Ent. Agríc. 10(1): 67-81.
- Beingolea, O.; Salazar, J.; Murat, I. 1969a. La rehabilitación de un huerto cítrico como ejemplo de la factibilidad de aplicar sistemas de control integrado de las plagas de los cítricos en el Perú. Rev. Per. Ent. 12(1): 3-45.
- Beingolea, O. 1969b. Notas sobre la Biología de *Selenaspilus articulatus* Morgan, queresa redonda de los cítricos. Rev. Per. Ent. 12(1): 119-129.
- Beingolea, O. 1969c. Biología de *Saissetia oleae* Bern., queresa negra del olivo. Rev. Per. Ent. 12(1): 130-136.
- Beingolea, O. 1969d. Biología de *Saissetia coffeae* Targ., queresa hemisférica del olivo. Rev. Per. Ent. 12(1): 137-145.
- Beingolea, O. 1971. Contribución al conocimiento de los Ortheziidae del Perú: I. Taxonomía de las especies peruanas (con descripción de 8 especies y una subespecie nuevas para la ciencia).- II. Desarrollo y reproducción.- III. Ecología (relación con el hospedero, mortalidad no biótica, enemigos naturales).- IV. Control (cultural, químico e integrado).- Rev. per. Ent. (Anales del 1er. Congr. Latinoamer. de Entomología: Cusco, abril 1971) 14(1):1-55 (premiado con el Primer Puesto del PREMIO WILLE al mejor trabajo de entomología aplicada. Medalla de Oro y Diploma de la Sociedad Entomológica del Perú).
- Beingolea, O. 1977. Consideraciones sobre control biológico y predación. Rev. Per. Ent. 20(1): 33-48.
- Beingolea, O. 1978. Bases ecológicas para el control racional de la langosta migratoria sudamericana (*Schistocerca cancellata* Serv.) en el Perú. Rev. Per. Ent. 21(1): 89-95.
- Beingolea, O. 1980. Futuro del control integrado de las plagas agrícolas. Rev. Per. Ent. 23(1): 7-16.
- Beingolea, O. 1985a. La langosta *Schistocerca interrita* en la costa norte del Perú durante 1983. Rev. Per. Ent. 28: 35-40.
- Beingolea, O. 1985b. El fenómeno "El Niño" 1982-83 y algunos insectos-plaga en la costa peruana. Rev. Per. Ent. 28(1): 55-57.
- Beingolea, O. 1986a. Grandes conglomerados de nidos de la avispa *Polistes peruvianus* Bequaert en La Bella Unión (Arequipa). Rev. Per. Ent. 29: 25-28.
- Beingolea, O.; Salazar, J. 1986b. La avispa *Polistes peruvianus* Bequaert dañando frutos de vid en Purmacana (Supe, Lima). Rev. Per. Ent. 29: 29-31.
- Beingolea, O. 1989. Lista de acrididos (Orthoptera-Caelifera: Acrididae) registrados para el Perú. Rev. Per. Ent. 32: 37-40.
- Beingolea, O. 1990. Sinopsis sobre el control biológico de plagas insectiles en el Perú (1909-1990). Rev. Per. Ent. 33: 105-112.
- Beingolea, O. 1994a. El futuro del control biológico en el Perú. Rev. Per. Ent. 36:i-ii
- Beingolea, O. 1994b. Ejemplos de control biológico y manejo integrado de plagas de frutales en el Perú. Rev. Per. Ent. 36: 1-4.
- Beingolea, O.; Vásquez, G. 1994c. Manejo integrado de las plagas del manzano. Rev. Per. Ent. 36: 5-8.
- Beingolea, O.; Vásquez, G. 1994d. Notas bio-ecológicas sobre el gusano peludo del ficus" en Lima. Rev. Per. Ent. 36: 39-44.
- Beingolea, O. 1994e. Notas sobre *Netelia* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae), parasitoide del "gusano peludo del ficus". Rev. Per. Ent. 36: 45-48.
- Publicaciones científicas no seriadas**
- Beingolea, O. 1953. La teoría de las fases de B.P. Uvarov y su aplicación a *Schistocerca cancellata* Serv. (= *S. paranensis* Burm.) en el Perú. Bol. Dir. Gral. Agricultura. Ministerio de Agricultura. Lima. Perú.
- Beingolea, O. 1954a. Insectos e insecticidas en la campaña algodonera 1953-54. Informe Estación Experimental Agrícola La Molina.
- Beingolea, O. 1954b. Contribución al conocimiento del complejo parasitario de *Heliothis virescens* F., perforador grande de la bellota del algodón y la influencia de los insecticidas orgánicos sobre él. Bol. Dir. Gral. Agricultura. Ministerio de Agricultura. N° 8/9.
- Beingolea, O. 1955a. Contribución al conocimiento del complejo parasitario de *Heliothis virescens* F., perforador grande de la bellota del algodón: Evaluación de la importancia relativa de sus enemigos biológicos. Bol. Dir. Gral. Agricultura. Ministerio de Agricultura. N° 4.
- Beingolea, O. 1955b. Estatus actual de la plaga de la queresa negra del olivo (*Saissetia oleae* Bern.) en los valles de Yauca e Ilo. La Vida Agrícola 33:392.
- Beingolea, O. 1956a. Efecto depresor sobre la fauna benéfica del Algodonero de algunos insecticidas de uso corriente en este cultivo. Informe N° 349, Estación Experimental Agrícola La Molina.
- Beingolea, O. 1956b. Control natural y químico del picudo peruano *Anthonomus vestitus* Bohm. Informe Estación Experimental Agrícola La Molina.
- Beingolea, O. 1957. Parasitismo del picudo peruano en la costa central, temporada 1956-57. Informe Estación Experimental Agrícola La Molina.
- Beingolea, O.; Wille, JE. 1957. Insectos e insecticidas en la campaña algodonera 1956-57. Informe Estación Experimental Agrícola La Molina.
- Beingolea, O. 1957. El sembrío del maíz y la fauna benéfica del algodón. Informe N° 104 Estación Experimental Agrícola La Molina.
- Beingolea, O. 1957. *Metasystox* en el control de la cigarrita *Empoasca* sp. y su acción sobre la fauna benéfica del algodón. Informe N° 361 Estación Experimental Agrícola La Molina.
- Beingolea, O.; Delgado, M. 1966a. Observaciones de flor en roseta en el cultivo del algodón en Tumbes. Informe N° 35, Ministerio de Agricultura.
- Beingolea, O. 1966b. Recent advances in non-genetical methods for the control of cotton diseases (Por designación del Ministerio de Agricultura) ante el ICAC, Jul. 1966 - Reunión ICAC XXIII, Francfort 1964; public. 23/64, Seminar on Cotton Production Research: Cotton Breeding for Disease Resistance and the Control of Diseases. Published by Secretariat of the ICAC, Washington D.C.
- Beingolea, O. 1969a. Biological control of citrus pests in Perú. In Simposio Internacional de Cítricos - Riverside, California, US.
- Beingolea, O. 1969b. The rehabilitation of a citrus orchard as evidence of the feasibility of Integrated Control of Citrus Pests in Perú. In Anales del Seminario Internacional sobre Control Integrado - New Delhi, India. (in absentia).
- Beingolea, O. 1970a. Evaluation and utilization of natural enemies of Cotton Pests. In Reunión del Cuadro de Expertos en Control Integrado de Plagas de la FAO, (4, Roma, 1970) Contribución al Manual de control Integrado de Plagas del Algodón (Guidelines for Integrated Control of Cotton Pests).

- Beingolea, O. 1970b. Situación de las Plagas del Algodonero y su control en el Perú *In* Reunión del Cuadro de Expertos en Control Integrado de Plagas de la FAO, (4, Roma, 1970) Contribución al Manual de control Integrado de Plagas del Algodón (Guidelines for Integrated Control of Cotton Pests).
- Beingolea O; Salazar J. 1970. Experiencias en el Control Integrado de las Plagas del olivo. *Rev. Peru Entom.* 23:45-63.
- Beingolea, O. 1973. Cuarentena externa e interna y normas de control legal de plagas y enfermedades de las plantas cultivadas en el Perú. Dir. Gral. Prod. Agraria, Sub-Dirección de Sanidad e Inspección y Control Agrícola. Manual N° 39, agosto 1973. 44 p.
- Beingolea, O. 1974. Developments in Integrated Control in Perú. *In* Reunión Internacional de Expertos en Control Integrado de Plagas (Centro Internacional para el Control Biológico, Berkeley, California US).
- Aguilar, PG; Beingolea, O; Brack, A; Ceballos, I. 1977. Vertebrados importantes en la agricultura peruana. *Rev. Peru. Entom.* 20:25-32.
- Beingolea, O. 1977a. Conducción de una plantación de olivo. Ministerio de Alimentación Boletín N° 9.
- Beingolea, O. 1977b. Culmina con éxito proyecto de control biológico de la queresa redonda de los cítricos, *Selenaspilus articulatus* Morgan, en el Perú. *Noticiero Entomológico de la Soc. Entomológica del Perú* N° 1.
- Beingolea, O. 1977c. Nuevas esperanzas en la lucha biológica contra la mosca blanca lanuda de los cítricos. *Noticiero Entomológico de la SEP*, N° 1.
- Beingolea, O. 1978. La Sanidad Vegetal en el Perú : pasado, presente y perspectiva futura. *Noticiero Entomológico de la SEP*. N° 4/5.
- Beingolea, O. 1980. Economic Constraints to the development and implementation of integrated pest control. *In* Conference on the future trends of Integrated Pest Management. OILB. Bellagio, 30 May-4 June, 1980.
- Beingolea, O. 1983. Hacia un control integrado de las plagas del olivo. *In* Convención Nacional de Entomología (25). Tingo María, Perú.
- Beingolea, O. 1989. Métodos para el control racional de la langosta: su viabilidad socio-económica y tecnológica. *In* Langostas, Problemática y Soluciones. CICC: 41-53.
- Beingolea, O. 1990a. Generación y Transferencia Tecnológica del Manejo (Control) Integrado de Plagas (MIP o CIP). *In* Consulta Sudamericana sobre MIP en la Agricultura Campesina (Algarrobo, V Región, Chile).
- Beingolea, O. 1990b. Control Integrado de las Plagas del manzano y otros cultivos. En: Mesa Redonda Capítulo de Agronomía y Zootecnia (CIAZ) del Colegio de Ingenieros del Perú (CIP), Banco Agrario y Ministerio de Agricultura (mimeografiado).
- Beingolea, O. 1991a. Nota sobre el control biológico clásico en el Perú: avances, perspectivas, aplicación y limitaciones. *In* Mesa Redonda de Control Biológico de la Sección Regional Neotropical de la OICB Río de Janeiro 11-16 Octubre 1991, Congreso Internacional de Protección Vegetal (12).
- Beingolea, O. 1991b. Necesidades de investigación en manejo de plagas agrícolas. *In* Forum Regional de Sanidad Vegetal, Trujillo, 2-12 Oct. 1991.
- Beingolea, O. 1992a. Control natural aplicado: el uso de insectos entomófagos. *In* Mesa Redonda "El uso racional de estrategias para el control de plagas en el Perú, en situación de crisis". Convención Nacional de Entomología (34).
- Beingolea, O. 1992b. Rol de los plaguicidas en el control integrado de las plagas agrícolas. *In* Reunión Técnico-Comercial de Bayer-Perú.
- Beingolea, O. 1992c. Posibilidades de aplicar el control biológico a las plagas de los principales cultivos alimenticios en el Perú. *In* informe de diagnóstico y recomendaciones preparado por encargo de la Oficina de FAO en el Perú.
- Beingolea, O. 1993a. Situación actual del control integrado en el Perú. En: Seminario-Taller Aplicación del Código de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas. FAO/Acuerdo de Cartagena/Ministerio de Agricultura, Lima 25/28 enero 1993.
- Beingolea, O. 1993. La producción agrícola y la conservación de los recursos naturales: un reto tecnológico. *In* Seminario Internacional "Aporte del Control Biológico a la Agricultura Sostenible: Viabilidad, y Estrategias de desarrollo". RAAA - CICIU (INIA), Lima 24/28 mayo 1993.
- Beingolea, O. 1993. El futuro del control biológico en el Perú. *In* Convención Nacional de Entomología. Arequipa-Perú 9/11 noviembre 1993 (35).
- Beingolea, O. 1993. Visión de la Problemática de sanidad Vegetal en Frutales. *In* Convención Nacional de Entomología SEP, Arequipa-Perú 9/11 noviembre 1993 (35).
- Beingolea, O. 1997a. *Aphis gossypii* sobre "cucarda" (*Hibiscus* sp., Malvaceae) en Lima 1991-1995. *Rev. Peru. Entom.* 40:51-59
- Beingolea O. 1997b. El pulgón *Myzodes persicae* en sobre "cucarda" (*Hibiscus* sp., Malvaceae) en Lima, julio 1992 a enero 1993. *Rev. Peru. Entom.* 40:60-62.

## Libros

- Beingolea, O. 1974. Integrated Pest Control: Latin America. *In* Dworkin, DM. ed. Environment and Development, Collected Papers, Summaries, Reports and Recomendatios. Scope-UNEP Symposium on Environmental Sciences in developing Countries, Nairobi-Kenya. SCOPE Miscel. Public. International Council of Scientific Unions, Scientific Committee on Problems of the Environment. 77-99 p.
- Van den Bosch R; Beingolea, O; Hafer, M; Falcon, LA. 1976a. Biological Control of Insect Pests in Row Crops. *In* Huffaker, CB; Messenger, PS. eds. Theory and Practice of Biological Control. Academic Press. p. 443-454.
- Stan V; Adkisson, P; Beingolea, O; Vektorov, G. 1976b. Cultural Controls. *In* Huffaker, CB; Messenger, PS. eds. Theory and Practice of Biological Control. Academic Press. p. 593-608.
- Beingolea, O. 1984. Protección Vegetal. 1 ed. Perú, Banco Agrario. 362 p.
- Beingolea, O. 1989. Protección Vegetal. 2 ed. Manual Técnico. Perú, Banco Agrario. 383 p.
- Beingolea, O. 1992. Control Integrado de las Plagas del Olivo. Perú, Centro de Desarrollo Profesional del Ingeniero - Colegio de Ingenieros del Perú (CDPI-CIP). 397 p.
- Beingolea, O. 1994. Guía práctica para la identificación de familias de insectos de interés Agrícola. Perú, Red de Acción en Alternativas al Uso de Agroquímicos (RAAA). 309 p.
- Beingolea, O. 1999. Los cazadores y los cazados. Lima, Perú, Servicio Nacional de Sanidad Agraria. SENASA.

# El ser humano y la economía de la naturaleza

José R. Cure<sup>1</sup>  
Andrew P. Gutierrez<sup>2</sup>

**RESUMEN.** Las ciencias económicas comparten muchos conceptos, y por tanto métodos de análisis, con la ciencia ecológica. La forma de las funciones de adquisición de recursos es muy semejante en todas las especies, equivalente a las curvas de adquisición de recursos por parte de las compañías y empresas humanas. La adquisición de recursos aumenta de forma creciente, en función de la disponibilidad de recursos, hasta un máximo después del cual disminuye. Esta semejanza y la gran similitud que existe en la forma en que los recursos adquiridos son prioritariamente asignados a las diferentes actividades vitales de los organismos (respiración, reproducción, consumo, crecimiento somático y reservas) y las de las empresas (mantenimiento, manejo de residuos, consumo, inversión de capital) sirven de base para comparar el proceso de adaptación de los organismos, que los hace sostenibles en su medio natural, con el de la sociedad humana, que busca la sostenibilidad, pero que a diferencia de los organismos no tiene un mecanismo de largo plazo, como el de la selección natural, sino reglas económicas, de corto plazo, que escapan a las leyes de la naturaleza. En el caso natural la asignación de los recursos es controlada genéticamente, a través de las características que se han ido fijando lo largo del proceso evolutivo; en las empresas humanas, la regulación no se presenta de forma natural y por tanto la única forma de lograrlo sería a través de procesos culturales basados en el conocimiento y en la adopción, como valor, de actitudes éticas, que sean compatibles con la naturaleza y responsables con las próximas generaciones de seres humanos. Se discute el papel de la ciencia y tecnología como insuficiente para reemplazar la naturaleza en la preservación de los ecosistemas y la vida sobre la tierra. El paradigma presentado se ha desarrollado a través del análisis, a lo largo de muchos años, de diferentes agroecosistemas, en el contexto del control biológico y el manejo integrado de plagas.

**Palabras clave:** análisis de sistemas, ecología y economía, sostenibilidad, agroecología, manejo integrado de plagas.

**ABSTRACT. Human beings and the economics of nature.** Economic science and ecology share important concepts and analysis tools. The shape of the resource acquisition functions is very similar among different species, and analogous to resource acquisition in firms, increasing with resource abundance to a maximum and then declining. The priority scheme of resource allocation in organisms to respiration, reproduction, consumption, somatic growth, and reserves, which are important vital activities, has a parallel in firms to maintenance, waste management, consumption and capital investment. The similarities make it possible to compare both systems, recognize analogies and detect important differences. Through natural selection, species in the ecosystem are always struggling for long-term sustainability, while firms lack a long-term mechanism to achieve sustainability. Economic rules are short-term and not linked to ecological laws. In nature, resource allocation is controlled via evolutionary history by genetically fixed characteristics. In human enterprises, the only way to control resource acquisition is through understanding the importance of nature conservation for our own survival, and the development of cultural behaviors that incorporate ethics and responsibility towards nature and future generations of human beings. The role of science and technology in replacing the ecosystem is also questioned. The paradigm presented here has been developed through many years of theory and practicing of agroecosystem analysis, biological control and integrated pest management.

**Keywords:** system analysis, ecology and economics, sustainability, agroecology, integrated pest management.

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. [jrcure@umng.edu.co](mailto:jrcure@umng.edu.co)

<sup>2</sup> Division of Ecosystem Sciences. University of California, Berkeley, EUA. [carpediem@nature.berkeley.edu](mailto:carpediem@nature.berkeley.edu)

## Introducción

No es coincidencia que las palabras “ecología” y “economía” provengan de la misma raíz, *oikos*, palabra griega que significa “casa”. En ambas instancias se trata del manejo de los recursos, sea desde la perspectiva de la economía de la naturaleza o desde la perspectiva del manejo de los recursos de las sociedades humanas.

Las semejanzas entre las dos disciplinas han sido reconocidas por varios autores; sin embargo, fueron Regev et ál. (1998) y Gutiérrez y Regev (2005) quienes propusieron un modelo bioeconómico común, para poder compararlas con base en las analogías que existen entre el comportamiento económico de una empresa moderna y el comportamiento ecológico de un organismo en la naturaleza.

A pesar de las analogías existentes, debemos mencionar que hay por lo menos tres aspectos que tradicionalmente han dificultado las comparaciones entre la economía y la ecología: (i) *la escala de tiempo*: evolutiva y de largo plazo en los seres vivos, frente a mercado y de corto plazo en las sociedades humanas; (ii) *la amplitud del enfoque*: inclusión de todo el mundo vivo y su entorno inorgánico, teniendo como unidad de medida para el intercambio la energía, frente a solamente el ser humano, teniendo como unidad de intercambio la moneda; (iii) *las definiciones de la demanda, la oferta y el consumo*: en las economías humanas, la oferta puede ser todo lo que está disponible globalmente, la demanda puede ser todo eso y aún más, y el consumo está dado en gran parte por el gasto superfluo, por placer, que no se reinvierte en el mejoramiento del sistema o en el crecimiento de la empresa; en la naturaleza la demanda es condicionada genéticamente, la oferta está limitada por la propia capacidad de los organismos y el consumo tiene una finalidad adaptativa, para enfrentar situaciones no previsibles, que aumentan las posibilidades de supervivencia en un ambiente cambiante (Gutiérrez y Regev 2005).

En los años por venir, la importancia de la ecología para la economía humana será cada vez mayor, principalmente cuando nos refiramos a los bienes comunes como el suelo, el aire, el agua, o la biodiversidad, entre otros. Cuando estos recursos comunes están amenazados, como de hecho lo están, y más aún, cuando comiencen a escasear, no bastará el bienestar financiero para el bienestar del *oikos*, y las disparidades anotadas anteriormente entre el sistema económico y el ecológico dejarán de ser relevantes, pues se tratará de la propia supervivencia de la especie humana.

Esta situación fue anticipada con mucha intuición por el biólogo G. Hardin (1968) en su famoso artículo “The tragedy of the commons” (“La tragedia de los comunes”),

donde muestra cómo los recursos naturales —que muchos damos por garantizados, y que no son propiedad privada de nadie— pueden ser utilizados de forma no sostenible por una minoría que se beneficia de ellos, mientras que los costos son distribuidos entre la gran mayoría de la población. Por ejemplo, la contaminación de un río por una única empresa puede perjudicar a varias personas, que cargan con el problema sin haber recibido ninguno de los beneficios.

La preocupación por los recursos comunes ha salido del ámbito de las ciencias biológicas y ha pasado a los libros introductorios de economía; por ejemplo, el libro *Principios de economía* de Mankiw (2004), donde se trata el tema de los bienes comunes, incluyendo en ellos los bienes públicos. Los costos de los bienes y servicios públicos —como la investigación básica o el combate de la pobreza— o el costo de los recursos naturales —como la vida silvestre, el aire y el agua puros— no pueden calcularse solamente con base en las leyes del mercado.

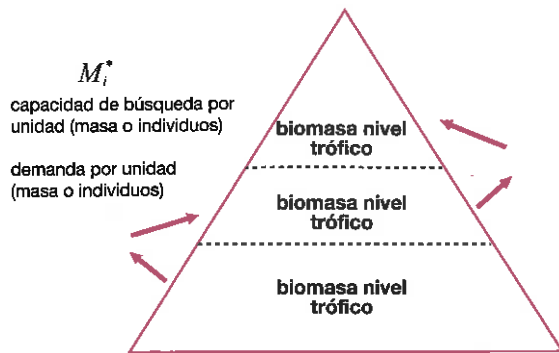
Afortunadamente, la sociedad humana, no de forma suficientemente unánime, pero sí esperanzadora, es cada vez más conciente de las consecuencias que nuestros actos individuales, grupales o nacionales tienen sobre todos los seres vivos del planeta, incluidos nosotros mismos, y sobre el entorno físico que sostiene la vida sobre la Tierra. Esto se refleja en la agenda internacional, donde la *globalización* no se refiere apenas a los aspectos del mercado, sino también de la conservación del agua, del aire, de la biodiversidad, de la justicia social y de la equidad. La financiación de proyectos internacionales, las relaciones entre los países y el reconocimiento de la comunidad científica pasan hoy en día por estos temas.

Hay también, oportuno decirlo, importantes científicos y economistas que piensan que la ciencia y la tecnología podrán resolver por sí mismas los problemas ecológicos y sociales, y que la fuerza exclusiva del mercado resolverá los problemas económicos del futuro.

A continuación definiremos algunos conceptos que nos permitirán enfatizar las analogías entre la economía de la naturaleza y la economía del ser humano, así como los puntos críticos que las diferencian.

## Oferta y demanda en la naturaleza: la adquisición de recursos

Los fisiólogos vegetales han desarrollado los conceptos de *fuentes y vertederos* (*source/sink*), para explicar cómo son controladas las tasas de crecimiento y desarrollo en las plantas y los periodos del crecimiento en los cuales los recursos adquiridos se acumulan en órganos específicos,

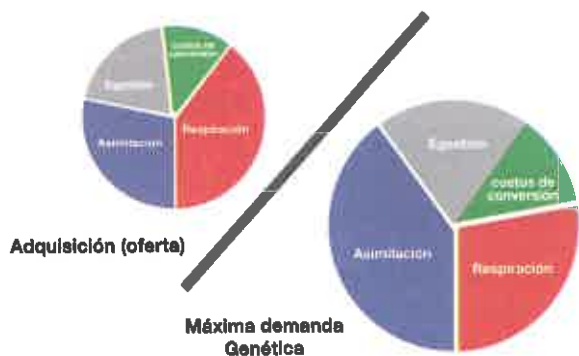


**Figura 1.** Adquisición de recursos,  $M_i^*$  por el nivel trófico  $M_i$  a partir de los recursos existentes en el nivel trófico  $M_{(i-1)}$ . De igual manera se ilustra la adquisición en el siguiente nivel trófico  $M_{i+1}^*$ .

por ejemplo en los frutos (Loomis y Connor 1992). Una forma más amplia de abordar la tasa de adquisición de los fotoasimilados en las plantas o en cualquier otro organismo es el concepto de *oferta* y *demanda*, de forma análoga a como se utiliza en economía. Así, la relación oferta/demanda, variable a través del tiempo, determina las tasas de adquisición para cada especie. La tasa instantánea de adquisición de recursos por el nivel trófico  $i$ ,  $M_i^*$ , es función de la cantidad de recurso disponible en el nivel trófico inmediatamente anterior  $M_{(i-1)}$ , de la capacidad del organismo en el nivel  $i$  para capturar ese recurso,  $s_p$ , y de la demanda genética que el organismo tenga por el recurso,  $b_i$  (Figura 1; Gutiérrez 1996):

$$M_i^* = f(M_{(i-1)}, b_i, s_i)$$

Estas variables nos permiten plantear los aspectos que en gran parte determinan el conflicto existente entre el ser humano y la naturaleza. En los seres vivos, la capacidad de búsqueda o de adquisición de recursos,

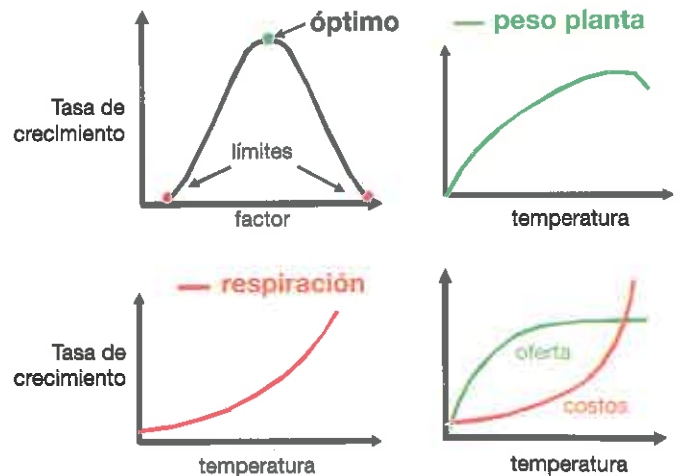


**Figura 2.** Relación entre la oferta y la demanda para satisfacer las necesidades vitales de un organismo. La oferta es una interacción entre lo que está disponible y la capacidad de tomarlo. La demanda está establecida genéticamente y es afectada por factores climáticos, como la temperatura.

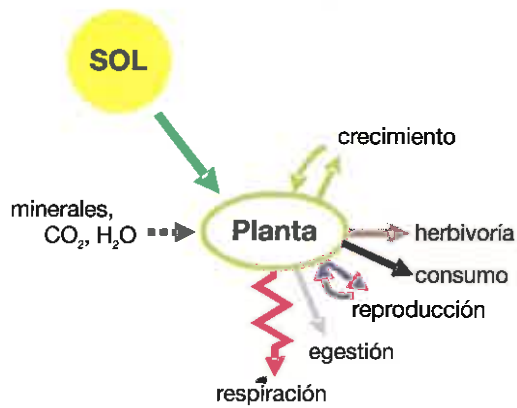
$s_p$ , ha sido modelada evolutivamente para satisfacer las demandas de un organismo frente a su estrategia de vida  $b_i$  (demanda genética) y no excede las necesidades del propio organismo, aun en los casos de superorganismos como las colonias de los insectos sociales, con millares de individuos. La oferta es una interrelación entre  $s_i$  y  $M_{(i-1)}$  (la capacidad de adquirir y la disponibilidad del recurso) y la demanda  $b_i$  es controlada genéticamente. Estos parámetros son dinámicos, van cambiando durante el crecimiento y desarrollo y son función de factores climáticos y de la edad de las estructuras que componen el organismo (Figura 2).

La respuesta de un organismo a diferentes niveles de recursos genera una curva caracterizada por un valor óptimo, situado entre los límites máximos y mínimos en que el recurso puede ser adquirido. Estas curvas tienen las mismas formas y características, tanto si los recursos considerados son de tipo económico como si son de tipo ecológico (Figura 3). La semejanza se debe a que ambos tienen en común las mismas características para el parámetro de búsqueda  $s_p$ .

A diferencia de otras especies en la naturaleza, donde la capacidad de búsqueda está limitada por las propias características de los organismos, en el ser humano es tan grande como la tecnología lo permita. Por ejemplo, en un organismo depredador, la capacidad de depredación depende de sus propias capacidades físicas, esto es, de sus músculos, velocidad y posibilidades de alcanzar la



**Figura 3.** En la parte de arriba, izquierda, se ilustran dos principios de la ecología: ley del mínimo de Leibig, 1840 y ley de tolerancia de Shelford, 1913. A la derecha se muestra el efecto de un factor, la temperatura, sobre la tasa de crecimiento y a la izquierda abajo la gráfica de costos respiratorios en función de la temperatura. En la última ilustración se sobrepone la curva de adquisición de recursos con la curva de costos respiratorios para indicar que el valor óptimo no está necesariamente en el punto en el cual la tasa de adquisición es óptima. Este es un principio económico.



**Figura 4.** Necesidades vitales del organismo, mostrando la secuencia de prioridades, iniciando por la respiración, con prioridad máxima, y terminando por el crecimiento vegetativo.

presa. En el ser humano está aumentada por el barco y los satélites, por ejemplo, que dan la posibilidad de capturar hasta el último pez. Otra diferencia importante del hombre con la naturaleza es que en la especie humana, la demanda  $b_i$  no está determinada solamente por las necesidades de supervivencia, como en el caso del mundo natural, sino también por el consumo suntuario, para el lujo y el placer.

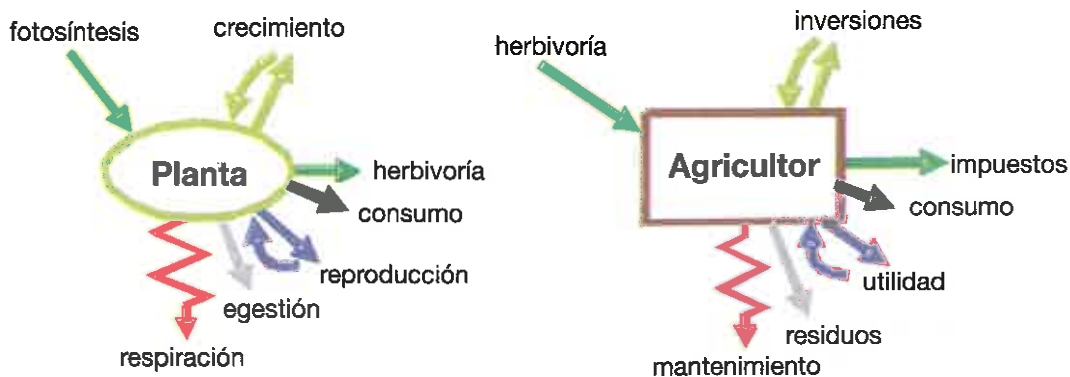
El resultado es que en el ser humano hay un aumento, no controlado o no regulado, tanto en la capacidad de adquirir como en la demanda, y ese crecimiento es el que muchas veces consideramos como generador de una economía saludable... esto en el corto plazo; ¿cómo será en el largo plazo? A diferencia de muchas otras especies, la transición de los humanos primitivos (realmente animales en términos de su capacidad de consumo de la naturaleza) ha seguido dos tipos de proceso. Uno de ellos, el genético, ha sido darwiniano, como en todas las especies, y el otro, de tipo cuasi lamarckiano, basado en el aprendizaje, como cultura, incluyendo en ella la tecnología (Regev et ál. 1998).

### Analogías entre la economía del ser humano y la economía de la naturaleza: la asignación de los recursos adquiridos

Una vez adquiridos los recursos por un organismo, estos son asignados de modo que satisfagan diferentes necesidades vitales, con una secuencia de prioridades como la indicada en la Figura 4: respiración, egestión, reproducción, consumo y crecimiento vegetativo, y reservas. La respiración y la egestión mantienen el organismo funcionando y, por tanto, la prioridad es para esos procesos. Si se llegó a la madurez sexual, la siguiente prioridad del organismo es la reproducción, teniendo en cuenta que antes de ella hubo una acumulación de biomasa o crecimiento somático, que es el soporte para el proceso reproductivo. El consumo (exceso de propágulos y otras características adaptativas), nuevo crecimiento somático y acumulación de reservas solamente se dará si son satisfechas totalmente las necesidades respiratorias y reproductivas.

Al igual que con el tema de adquisición de recursos, la asignación de los recursos adquiridos muestra analogías entre el sistema ecológico y el sistema económico. Es posible comparar directamente cada uno de los procesos mencionados anteriormente con los procesos de una empresa (Figura 5):

*Respiración vs. costos de mantenimiento:* a tasas de crecimiento cero, la respiración es apenas un costo de mantenimiento de la actividad vital, sin el cual no es posible mantener el organismo vivo. Igualmente, en una empresa el costo de mantenimiento deberá cubrir lo mínimo para mantener la empresa funcionando. Esos costos aumentan en la medida en que la empresa o el organismo están creciendo activamente y son necesarios para el buen funcionamiento de todo el sistema.



**Figura 5.** Algunas analogías entre ecología y la empresa de un agricultor. La respiración es equivalente al costo del mantenimiento, la egestión al manejo de los residuos, la reproducción a la utilidad, el consumo en exceso de propágulos al consumo suntuario y el crecimiento vegetativo a las inversiones.

*Egestión vs. residuos:* el proceso de disponer de los residuos tiene un costo ligado al mantenimiento y al nivel de actividad, sea del organismo o de la empresa. Esta es una prioridad semejante a la de la respiración y costos de mantenimiento.

*Reproducción efectiva vs. utilidad:* en la naturaleza, el concepto de adaptación (*fitness*) está ligado a la supervivencia y por tanto a la reproducción, que es el proceso central de la evolución orgánica. Este concepto, cuando se aplica a una empresa, equivale a la utilidad (*profit*). Los dos conceptos pueden interpretarse desde el punto de vista de lo que puede ser invertido en el siguiente ciclo. La economía de las empresas busca maximizar las utilidades y las especies el número de descendientes vivos.

*Consumo (inversión en exceso de propágulos) vs. consumo (en el sentido de lo superfluo):* este es un parámetro importante, que no es posible definir de forma simple. Tanto los seres vivos como las empresas tienen que lidiar con expectativas futuras, que implican costos que hemos llamado *de consumo* porque no contribuyen directamente ni a la supervivencia ni al crecimiento. En las organizaciones humanas estos costos deberían estar reflejados en la tasa bancaria (*discount rate*), que tiene la función también de regular el consumo; sin embargo, esta tasa no incluye los costos ecológicos y por tanto no regula el consumo a niveles sostenibles. En el caso de los seres vivos, este consumo ha sido modelado por el proceso evolutivo e incorporado en la genética de los organismos como una ventaja adaptativa para enfrentar los desafíos cambiantes del medio ambiente. Por ejemplo, la producción de un mayor número de propágulos en algunas plantas, como el mango o el algodón, que pierden millares de flores que nunca se convertirán en reproducción efectiva, tiene un valor adaptativo. En el caso del algodón, se ha mostrado que estos propágulos en exceso permiten acomodar el picudo (*Curculionidae*), el cual utiliza estas estructuras para su alimentación, a la vez que la planta preserva para su propia reproducción los propágulos que efectivamente es capaz de llevar hasta el final de su proceso reproductivo (Gutiérrez y Regev 1983, 2005).

*Crecimiento somático vs. inversión de capital:* el crecimiento somático o vegetativo de un organismo es una inversión en infraestructura, capaz de mantener el proceso reproductivo una vez desencadenado. De la misma forma, una compañía deberá generar la infraestructura para poder producir los bienes que le permitirán obtener utilidades. En la medida en que se inicien nuevos ciclos de producción, la inversión también deberá aumentar.

## Las estrategias de vida de los organismos

Cada especie, como resultado de su propia historia evolutiva, ha llegado a “empacar” dentro de su código genético la estrategia de vida que le permite sobrevivir. Qué parte de los recursos adquiridos va al desarrollo vegetativo y qué parte va al desarrollo reproductivo, por individuo, ha sido una consecuencia evidente del proceso evolutivo (Fisher 1930).

La estrategia de vida es tan característica de cada especie como cualquier rasgo morfológico y es, inclusive, más importante para su supervivencia que la mayor parte de los rasgos morfológicos. Las estrategias de vida son de las más diversas índoles: frutos pequeños en gran cantidad vs. frutos grandes en menor número; madurez sexual temprana vs. madurez sexual tardía; ciclo de vida corto vs. ciclo de vida largo; ciclo reproductivo, una vez en la vida, anual, semestral, mensual, o continuo (generaciones). La estrategia de vida adoptada por cada una de las especies tiene consecuencias importantes en su dinámica poblacional (demografía) y en la forma de utilizar los recursos a su alcance.

Un organismo de tipo generalista (*r*), por ejemplo una “maleza”, generalmente asigna menos recursos a la reproducción (flores, frutos y semillas) que un organismo especializado (*K*), como por ejemplo una orquídea. En el primer caso, en los organismos *r* hay una gran necesidad de desarrollar estrategias de vida que les permitan compensar por una mortalidad esperada elevada, consecuencia de su vida en ambientes severos y cambiantes. El consumo, en estas especies, está dirigido a la gran producción de propágulos reproductivos. De acuerdo con su estrategia de vida, cada especie, durante su desarrollo, toma los recursos del medio ecológico y los va asignando entre sus diversos procesos vitales como solo ella sabe.

Las diferentes estrategias de vida no son más que diferentes formas de adquirir, asignar y almacenar la energía. La energía fluye dentro de los niveles tróficos y entre los niveles tróficos, satisfaciendo las necesidades vitales de los organismos conforme se ilustró anteriormente. La energía captada se acumula en forma de biomasa en los diferentes niveles tróficos (Figura 6).

En la Figura 7 podemos observar en perspectiva la transferencia de energía en una cadena trófica, incorporando en ella una empresa agrícola que compite por los recursos de la planta con los herbívoros. Se muestra la transición entre el dominio de la ecología y el de la economía (adaptado de Gutiérrez 1996). La figura tiene la ventaja de incluir el proceso económico como parte del proceso productivo de la naturaleza, de tal forma que la generación de riqueza tiene como base el crecimiento y desarrollo del cultivo, sometido a los factores climáticos y otras características



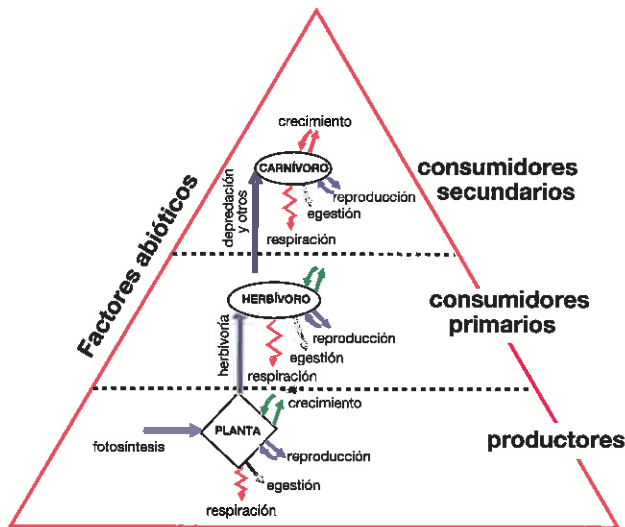


Figura 6. Flujo de energía entre los diferentes niveles tróficos, enfatizando las analogías de la asignación de recursos en todos ellos.

agronómicas que influyen en el índice de cosecha (porción del peso total de la planta que es utilizada por el agricultor). La incidencia de un herbívoro sobre las utilidades del agricultor dependerá mucho de la fase del cultivo en que ataque y de la porción de la planta económicamente aprovechable: vegetativa o reproductiva. Un esquema dinámico de este tipo, ligado a la relación oferta/demanda y a las prioridades de asignación de recursos, es mucho más fácil de analizar en relación con las consecuencias de diferentes estrategias de manejo sobre la producción y sobre la sostenibilidad de las medidas tomadas.

### Efectos *bottom up* y *top down*

Estos dos conceptos resumen los efectos que, sobre un nivel trófico dado, ejercen los niveles tróficos inferiores (*bottom up*) y los niveles tróficos superiores a él (*top down*), lo que se puede ilustrar muy fácilmente a través de un ejemplo de control biológico (Figura 8). En el caso del café, la dinámica poblacional de la broca no depende solamente de la acción de los parasitoides y depredadores que actúan sobre ella (efectos *top down*), sino también de las condiciones del cultivo en términos de fertilización y de la dinámica de la producción de frutos (efectos *bottom up*). En resumen, para comprender la dinámica de la broca, nivel trófico  $i$ , es necesario incorporar tres niveles tróficos:  $i-1$ ,  $i$  e  $i+1$ , cada uno de ellos influenciado, además, por factores abióticos, como el clima, que tiene efectos diferenciales sobre el crecimiento y desarrollo de cada una de las especies que componen el sistema (Gutiérrez et ál. 1998, Cure et ál. 1998).

Cuando se habla del ser humano, nos referimos al depredador de la punta de la pirámide, lo que implica una drástica disminución de los factores *top down* (depredación y parasitismo). Además de lo anterior, la capacidad técnica de la especie humana reduce aún más esos factores (control de las enfermedades a través de la medicina), como también los factores asociados a los efectos *bottom up* (limitantes de la producción agrícola y pecuaria).

Es evidente que para mantenerse en el juego del flujo de energía en la biosfera es necesario que el ser humano cuente con alguna forma de regulación de la población,

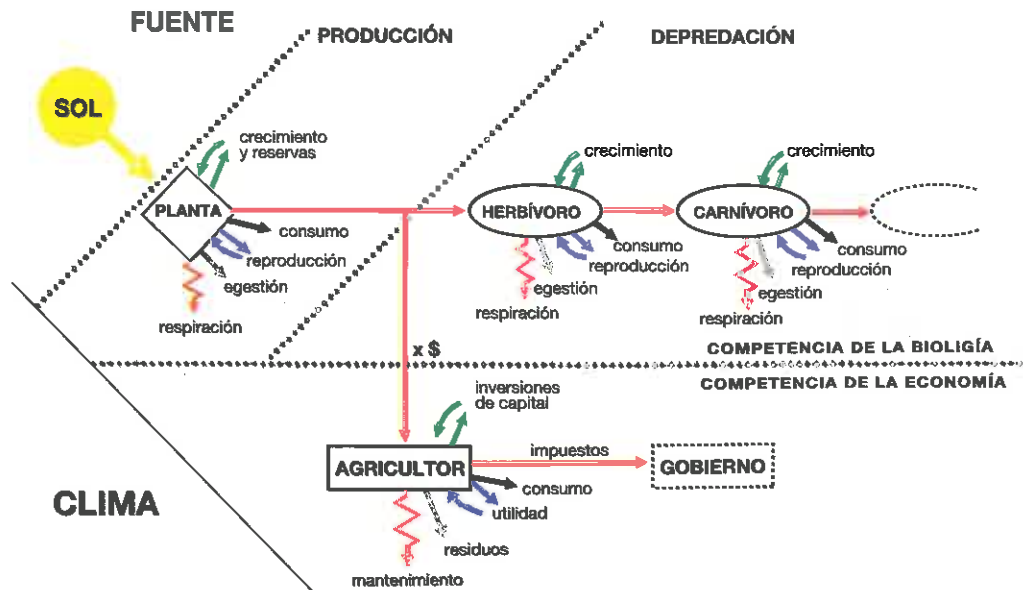


Figura 7. Flujo de energía entre los diferentes niveles, incluyendo además una empresa agrícola en el flujo de energía. Se ilustra aquí la propuesta de un flujo continuo de energía del mundo de la naturaleza al mundo de la economía humana (modificado de Gutiérrez 1996).

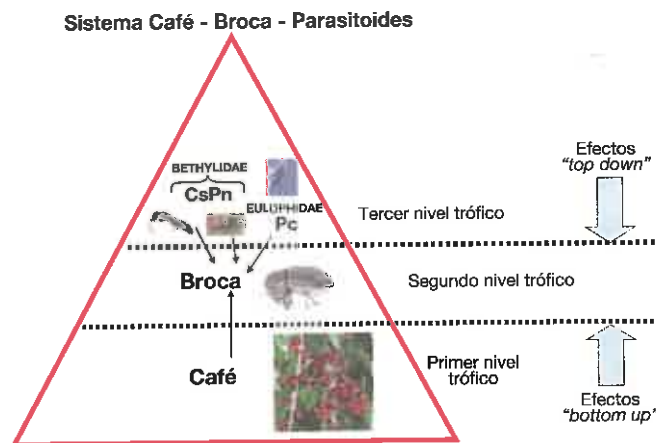
ya que esta no es regulada directamente por la naturaleza y debe ser asumida por la propia sociedad humana, en la forma de un comportamiento autorregulado.

### El concepto de sostenibilidad

El concepto de sostenibilidad implica por lo menos tres dimensiones: ecológica, económica y social, las cuales están íntimamente relacionadas, donde no puede existir una sin la otra. Muchas de las ideas que discutiremos en este capítulo han sido tomadas de Goodland (1995), a quien recomendamos leer directamente para una excelente discusión sobre el tema y de Regev et al. (1998), quienes definen un marco conceptual muy importante para el análisis comparativo entre los sistemas naturales y los sistemas económicos.

En el mundo natural, los ecosistemas contienen lo que en la teoría económica se conoce con el nombre de *factores primarios de producción*: capital, trabajo e infraestructura. El *capital* es la biomasa en los diferentes niveles tróficos, el *trabajo* es la capacidad de las especies para transformar estos recursos (estrategias de vida) y la *infraestructura* son las redes tróficas.

El concepto de sostenibilidad parte de un principio fundamental: hay un límite máximo para la utilización de los recursos naturales, el cual está dado por la capacidad de regeneración de los ecosistemas. Estos no pueden ser explotados de forma creciente. Ni siquiera los recursos llamados renovables pueden explotarse indefinidamente;



**Figura 8.** Sistema café-broca-parasitoides. Efectos *top down* y *bottom up* a los que está sometido el segundo nivel trófico, en este caso la broca del café *Hypothenemus hampei*. La dinámica de poblaciones de la broca, segundo nivel trófico, depende tanto de la dinámica poblacional de los frutos y de su calidad (tamaño), primer nivel trófico, como de la acción de los parasitoides y depredadores, tercer nivel trófico. En este último están incluidos dos depredadores, los Bethyidae *Cephalonomia stephanoderis* y *Prorops nasuta* y el Eulophidae *Phymastichus coffea*.

su explotación debe mantenerse dentro de las capacidades regenerativas de los ecosistemas, sin sobrepasar la capacidad de almacenamiento que estos tengan.

La premisa de que partimos —la imposibilidad del crecimiento continuo— nos enfrenta a un principio económico que asume el crecimiento como condición necesaria para el desarrollo de los países. Sin embargo, como bien lo apunta Goodland (1995), es necesario separar los conceptos de *crecimiento económico* y *desarrollo*. El segundo tiene dimensiones relacionadas con el conocimiento, la educación, la utilización eficiente de lo que tenemos, temas relevantes para el mejoramiento de los niveles de vida de las personas y que, si bien dependen de un desarrollo económico mínimo, no necesitan de una acumulación excesiva de bienes.

El hecho de que la humanidad tenga la capacidad de cultivar el “capital natural”, por ejemplo mediante la agricultura, ha ampliado la base de soporte de la vida humana sobre la cual se desarrolla nuestra civilización, y ha sido un argumento utilizado por quienes piensan que la creatividad humana resolverá todos los problemas. Esto también tiene límites. Conocemos el caso de la revolución verde que, a pesar del aporte que hizo a nuestra sociedad con variedades que permitieron aumentos impresionantes de productividad, ha exigido simultáneamente el aumento de los insumos agrícolas que se utilizan, con consecuencias ecológicas a veces inesperadas. Por ejemplo, en el cultivo del arroz, las plantas mejoradas reciben un manejo agronómico que ha tenido consecuencias en el incremento de las plagas y muy especialmente de los problemas relacionados con el control de malezas (Kenmore et al. 1986).

Algo similar puede anticiparse con los cultivos transgénicos que, a pesar de los beneficios que en muchos aspectos pueden traer a la humanidad, no están exentos de inconvenientes y, para que contribuyan a las soluciones, nunca deben ser considerados como herramienta única, fuera del contexto ecológico en el que se encuentran. Los sistemas transgénicos tienen la capacidad de transformar las relaciones ecológicas entre los niveles tróficos, generando refugios en las propias plantas, por ejemplo, pues hay diferencias de concentración de las toxinas del Bt entre los órganos jóvenes y los órganos maduros de estas plantas, dando lugar a una especie de refugios temporales que tiene importancia en la generación de resistencia (Gutiérrez y Ponsard 2006, Gutiérrez et al. 2006). Se ha detectado también que las toxinas generadas por el gen del Bt, incorporado en esos genomas, son lixiviadas en el agua y pueden tener efectos negativos sobre organismos del suelo y sobre otros niveles tróficos, principalmente bacterias, disminuyendo el reciclaje de la materia orgánica del suelo

y requiriendo la aplicación de una mayor cantidad de fertilizantes inorgánicos (d'Oultremont y Gutiérrez 2002). De Janvry y Qaim (2005) estudiaron algodón transgénico sembrado en Argentina y encontraron ventajas ecológicas en su utilización. Ambos tipos de estudio afirman que, aparentemente, las consecuencias ecológicas del transgénico pueden ser ventajosas en el corto plazo. En el largo plazo, sin embargo, hay toda una gama de probables consecuencias desfavorables, tales como contaminación genética de los genomas de las plantas cultivadas; explosiones de plagas secundarias como consecuencia de los efectos subletales de las toxinas introducidas en los transgénicos; mayor necesidad de herbicidas en los sistemas en donde hayan cultivos tolerantes a los mismos; reducción masiva de material genético en la medida que los intereses corporativos de las compañías, buscando maximizar sus utilidades, sustituyan los principios de estabilidad que han guiado tradicionalmente a los fitomejoradores y colecciones de germoplasma. En todo caso, las consecuencias de utilizar los transgénicos deben ser analizadas desde una perspectiva temporal más amplia y dentro de un contexto ecológico determinado.

Si creemos que la ciencia y la tecnología deben asumir la sustitución total de los sistemas naturales, el desafío sería monumental y utópico. La infinidad de estrategias de vida que componen las redes tróficas, producto de la evolución orgánica, tienen incorporadas en sus genomas un *know how*, un saber subsistir, que responde a condiciones cambiantes, que nuestra ciencia y tecnología apenas comienzan a entender y describir. Como ejemplo pensemos en las relaciones hospedero-patógeno y en la infinidad de intercambios de información química que sucede entre ellos a nivel molecular, incluso en organismos aparentemente simples, como las bacterias y los hongos.

Desde el punto de vista del control de la naturaleza a partir de la tecnología, siempre nos sucede algo parecido al cuento del conejo y la zanahoria, donde la meta se corre cuando creemos alcanzarla. La naturaleza se ha encargado de mostrarnos que la solución es incompleta y que ella nuevamente está al mando al final del camino.

La unidad monetaria, utilizada en economía, es práctica, pero limitada. Compradores y vendedores normalmente no tienen en cuenta los efectos externos de sus decisiones. Llevar el petróleo de Sudamérica a China puede ser un buen negocio, pero ¿cuál es el costo ambiental del transporte y otros aspectos no contemplados?

El objetivo de alcanzar la sostenibilidad en el largo plazo, claramente deseado por nuestra sociedad, es análogo

al propósito de adaptación de las especies en la naturaleza pero, a diferencia de ella, donde los organismos evolucionan a través de un proceso darwiniano de selección, las reglas que gobiernan las economías modernas son de corto plazo y cambian constantemente. De esta forma el impacto de las compañías individuales, a diferencia de los organismos en la naturaleza, podrá tener consecuencias negativas e irreversibles sobre el ambiente.

## Nuestro futuro

Los seres vivos, fruto de la evolución orgánica y, en particular, cada una de las especies existentes, han permanecido sobre la tierra porque han encontrado un papel que desempeñar, su nicho, en el gran universo de los recursos existentes. Alguien en alguna oportunidad habló de hacer una tabla periódica de nichos, algo semejante a la tabla periódica de los elementos, para colocar todos los nichos existentes e, incluso, pronosticar cuales características debería tener un ser vivo para poder explotarlo. Esto para resaltar que la biodiversidad es algo lógico, consecuencia del propio fenómeno de la vida. Los nichos son tantos cuantas son las especies existentes.

Como depredador dominante, el ser humano tiene un nicho extremadamente amplio, que incluye todos los niveles tróficos y esto es un privilegio que solamente podremos mantener en la medida en que la sostenibilidad sea el concepto fundamental bajo el cual la sociedad humana actúe.

Recientemente, en Europa se ha vuelto muy importante un proyecto de amplia financiación llamado la *biotrónica*, que trata de aprender de los seres vivos las soluciones que ellos han encontrado para problemas que son desafíos en las ciencias de la ingeniería: por ejemplo, las propiedades de adherencia a través de microfilamenteos que tienen las salamandras y que les permiten prenderse a superficies lisas, o las propiedades de antiadherencia que poseen las células de los nenúfares y otras plantas acuáticas como *Victoria amazonica*, que mantienen la superficie de las mismas completamente limpias, o la microestructura epidérmica de los tiburones, que genera una turbulencia laminar que permite el mejor flujo del agua y que puede ser utilizada en los aviones para mejorar su desempeño. Otro ejemplo fue el estudio de las alas de las aves rapaces, que doblan hacia arriba el extremo distal para disminuir el efecto de vórtice y que ha sido implementado en los aviones modernos, aumentando con ello la eficiencia del vuelo. Estamos apenas vislumbrando las inmensas posibilidades de la biotrónica.

Los estudios de la NASA para la supervivencia del ser humano en el espacio han venido buscando la forma

de cultivar, por ejemplo, tomate en las condiciones de la estación espacial internacional. Esto ha llevado a revalorar la importancia de la biodiversidad incluso para mantener la vida en el espacio. Por ejemplo, ¿cómo enriquecer cultivos hidropónicos con microorganismos aplicados junto con los nutrientes que le permitan a esos cultivos sobrevivir en el caso de la presencia de un patógeno? (J.Sutton, Universidad de Guelph, Canadá).

¿Será necesario pensar en sustituir la naturaleza, cuando ella misma está ahí prácticamente a nuestra disposición con toda su riqueza? ¿Será necesario inventar un polinizador mecánico para resolver un problema de polinización cuando hay polinizadores en la naturaleza que ejercen este oficio? ¿Será que podemos darnos el lujo de destruir las redes tróficas, que la evolución de los seres vivos ha construido a través de ensayo y error a lo largo de millones de años y suponer que el ingenio humano reemplazará todo este conocimiento natural? Todas estas formas de vida, toda esta riqueza, es mantenida por la economía de la naturaleza. ¿Tendremos en la economía humana suficiente claridad para darle un lugar a la naturaleza? ¿Podremos desarrollar un sistema costo-beneficio que incluya en la contabilidad de las empresas y de los gobiernos, como un valor, los servicios que nos prestan los ecosistemas?

Hace varios años, dos grandes biólogos ya nos llamaron la atención sobre estos temas y el peligro que afrontamos, y lo hicieron de forma vehemente. Recordemos a Rachel Carlson, con su libro *Primavera silenciosa*, publicado en 1962, y a Robert van DenBosh, con su libro *La conspiración de los pesticidas*, publicado en 1978. Nuestro futuro depende en gran medida de la claridad que tengamos sobre la importancia de la naturaleza para nuestra propia supervivencia y de la capacidad que tengamos para utilizarla y conservarla, asumiendo las responsabilidades éticas que esto implica, tanto con la naturaleza como con las futuras generaciones de seres humanos.

## Literatura citada

- Carlson, R. 1962. Silent spring. Houghton Mifflin Co. 40<sup>th</sup> anniversary, 2002 edition. 378 p.
- Cure, JR; Santos, HAS; Moraes, JC; Vilela, EF; Gutiérrez, AP. 1998. Fenología e dinâmica populacional da broca do café *Hypothenemus hampei*, relacionados às fases de desenvolvimento do fruto. An. Soc. Entomol. Brasil 27(3):325-335.
- De Janvry, A; Qaim, M. 2005. Bt cotton and pesticide use in Argentina: economic and environmental effects. Environment and Development Economics 10:179-200. Cambridge University Press.
- d'Oultremont, T; Gutierrez, AP. 2002. A multitrophic model of a rice – fish agroecosystem: II. Linking the flooded rice – fishpond systems. Ecological Modelling 155:159-176.
- Fisher, RA. 1930. The genetic theory of natural selection. Oxford. Clarendon.
- Goodland, R. 1995. The concept of environmental sustainability. Annu. Rev. Ecol.Syst. 26:1-24.
- Gutiérrez, AP; Regev, U. 1983. The economics of fitness and adaptedness: the interaction of sylvan cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and the boll weevil (*Anthonomus grandis* Boh.). An example. Acta Oecolog. 4:271-287.
- Gutierrez, AP. 1996. Applied population ecology.: A supply- demand approach. Wiley, New York.
- Gutiérrez, AP; Villacorta, A; Cure, JR; Ellis, K. 1998. Tritrophic análisis of the coffee (*Coffea arabica*) – coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) – parasitoid system. An.Soc.Entomol. Brasil 27(3):357-385.
- Gutiérrez, AP; Regev, U. 2005. The bioeconomics of tritrophic systems: applications to invasive species. Ecological Economics 52:383-396.
- Gutiérrez, AP; Ponsard, S. 2006. Physiologically based demographics of Bt cotton – pest interactions. I. Pink bollworm resistance, refuge and risk. Ecological modelling 191:346-359.
- Gutierrez, AP; Adamczyk, Jr. JJ; Ponsard, S; Ellis, CK. 2006. Physiologically based demographics of Bt cotton – pest interactions. II. Temporal refuges, natural enemy interactions. Ecological modelling 191:360-3382.
- Hardin, G. 1968. The tragedy of the commons. Science 162:1243-1246.
- Kenmore, PE; Carino, F; Perez, CA; Dyck, VA; Gutiérrez, AP. 1986. Population regulation of the rice brown planthopper (*Nylaparvata lugens* Stal) within rice fields in the Philippines. J.Pl.Prot.Tropics 1:19-37.
- Loomis, RS; Connor, DJ. 1992. Crop ecology. Cambridge Univ. Press. 552 p.
- Mankiw, NG. 2004. Principles of Economics. 3 ed. Thompson. 848 p.
- Regev, U; Gutierrez, AP; Schreiber, SJ; Zilberman, D. 1998. Biological and economic foundations of renewable resource exploitation. Ecological Economics 26:227-242.

# Calendarización, uso racional, sustitución y rediseño: una comparación entre horticultores orgánicos y convencionales en Costa Rica

Neidy Clavijo<sup>1</sup>  
Cornelius Prins<sup>2</sup>  
Vera Sánchez<sup>2</sup>  
Gabriela Soto<sup>2</sup>  
Charles Staver<sup>3</sup>

**RESUMEN.** El manejo de plagas tiene dos componentes: uno físico y otro de información sobre cómo, cuándo y por qué usar el insumo físico. Las etapas propuestas en la evolución del manejo integrado de plagas —calendarización, uso racional, sustitución y rediseño— se basan en el uso cada vez mayor de información frente a una reducción en el uso de insumos externos. Al norte de Cartago, Costa Rica, se estudiaron tres grupos de horticultores (orgánicos, asistidos por el Ministerio de Agricultura y asistidos por casas comerciales) en relación con sus conocimientos del agroecosistema, sus estrategias de búsqueda de información, sus prácticas de manejo y el estado de salud de sus cultivos para determinar la progresión que mostraron entre las tres etapas del manejo integrado de plagas. Los tres grupos conocen las plagas y enfermedades mejor que los ciclos de vida y factores abióticos y bióticos en la red alimenticia. Los productores orgánicos tienen mayores conocimientos sobre la vegetación espontánea y la vida del suelo. El conocimiento individual del agricultor sobre el agroecosistema se correlacionó positivamente con su estrategia de búsqueda de información, sin diferencias entre los grupos. Las prácticas agrícolas utilizadas por cada agricultor también tienen una relación con su manejo conceptual del agroecosistema. No se registró una progresión fuerte de la aplicación calendarizada por etapa al rediseño del sistema. Los agricultores presentaron diferentes combinaciones de las cuatro etapas. La gran mayoría aún usa aplicaciones calendarizadas de insumos naturales o sintéticos. El estudio sugiere reenfocar el MIP de la tecnología misma a la persona que la aplica. Según los resultados, la sustitución y el rediseño podrían ser mejores alternativas para alcanzar sistemas de cultivos más sanos que el uso racional.

**Palabras clave:** MIP, uso racional de plaguicidas, hortalizas, agricultura orgánica, agroecología.

**ABSTRACT. Calendarization, rational use, substitution and system redesign: A comparison between organic and conventional farmers in Costa Rica.** Pest management is a combination of physical inputs and technical information about how, when and why they should be used. The proposed stages in the evolution of integrated pest management —calendarization, rational pesticide use, substitution and system redesign— represent an increase in the use of technical information with each progressive stage and a decline in outside inputs. This proposed progression was tested north of Cartago, Costa Rica, among three groups of vegetable growers— organic, advised by the Ministry of Agriculture and advised by commercial input distributors— by studying their understanding of the agroecosystem, information seeking strategies, crop management practices and the health status of the crop. The three groups were more familiar with pest and disease identification than with pest life cycles and the influence of abiotic and biotic factors in the food web. The organic growers had greater agroecological knowledge about spontaneous vegetation and soil ecology than the other two groups. An individual grower's agroecological knowledge was positively correlated with their strategy for seeking new information, although not by type of grower. A strong progression from calendarized applications by stage to system redesign was not registered. Growers presented different combinations of the four strategies. Most growers still use the routine application of inputs, whether natural or synthetic chemicals. The study suggests refocusing IPM from an emphasis on technology to the persons applying the technology.

**Keywords:** IPM, rational pesticide use, vegetables, organic agriculture, agroecology.

<sup>1</sup> CORPOICA, Bogotá, Colombia. n.clavijo@javeriana.edu.co

<sup>2</sup> CATIE, Turrialba, Costa Rica. prins@catie.ac.cr, sanchezv@catie.ac.cr, gabisoto@catie.ac.cr

<sup>3</sup> Biodiversity International, Parc Agropolis II, 35397, Montpellier, Francia. c.staver@cgiar.org

## Introducción

En su inicio, los plaguicidas parecían ser una solución permanente a los problemas fitosanitarios (Andrews 2000). No obstante su gran efectividad inicial, cada vez se necesitan más aplicaciones, nuevos productos y técnicas de aplicación para que las pérdidas de rendimiento y calidad no se incrementen. En algodón y hortalizas, las aplicaciones cada 2-3 días han significado 20 aplicaciones o más por ciclo de cultivo (Murray 1994). El manejo integrado de plagas (MIP) surgió como respuesta a este uso excesivo de plaguicidas (Perkins 1982, Kogan 1998), el cual se fundamenta en recuentos de plagas y de daño según umbrales para así racionalizar las aplicaciones de plaguicidas durante períodos críticos del cultivo.

La base del MIP son los conocimientos ecológicos de las plagas (insectiles, enfermedades, vegetación espontánea, etc.) —su ciclo de vida y la influencia de factores ambientales, meteorológicos y biológicos sobre la dinámica poblacional— y del cultivo —etapas críticas, relación daño/rendimiento y diferencias varietales—. Entre los agricultores, este conocimiento ecológico se interpreta como la capacidad que tienen para observar lo que está pasando en sus campos año con año y ciclo tras ciclo y relacionarlo con sus conocimientos de los organismos en el plantío y sus relaciones con el cultivo, con las condiciones de tiempo, del terreno, de los terrenos vecinos, las prácticas que han aplicado y los resultados que han obtenido. Al final, “es entender el por qué de las cosas” (CATIE 2003).

La ampliación de los conocimientos ecológicos sobre los cultivos, sus plagas y su red alimenticia ha permitido versiones de MIP más allá del uso racional de plaguicidas sintéticos. En vez de depender exclusivamente de plaguicidas para el control de plagas, según Bird et ál. (1990) el MIP debe avanzar a una etapa de sustitución de plaguicidas por insumos biológicos y prácticas culturales más benignas para el ambiente y el ser humano. Posterior a la sustitución, estos autores visualizan una etapa de rediseño del sistema de cultivos para reducir el uso de insumos a través de rotaciones diversificadas, cultivos y coberturas intercaladas, enmiendas y la diversificación de otras prácticas, incluyendo el manejo de los bordes del plantío (Altieri 1999).

Las prácticas de manejo de plagas tienen dos componentes: uno físico, y uno de información sobre cómo, cuándo y por qué utilizarlo (Ortiz 2001). La progresión planteada por Bird et ál. (1990) de calendarización, empleo racional, sustitución y rediseño se basa en el uso cada vez mayor de información frente a una reducción en el uso de insumos comprados. En este estudio sujetamos esta progresión a una prueba de campo. En los últimos 10-20

años, algunos agricultores han ampliado sus prácticas de manejo de plagas en respuesta a programas de extensión, oportunidades de mercado y la oferta de nuevas tecnologías. En la reorientación de sus prácticas de producción, ¿hasta qué punto estos grupos muestran la progresión de calendarización a uso racional y luego sustitución para llegar al rediseño de su sistema?

En el proceso de cambio de prácticas de producción, el agricultor sigue un ciclo de aprendizaje (Ortiz 2001, Staver y Wiegel 2004). Constantemente enfrenta las incertidumbres del clima, de las plagas, de los precios de insumos y del mercado (Staver 2003). Para defenderse, mantiene redes de consulta con otros agricultores, intermediarios, casas comerciales y extensionistas, rastrea la radio, los folletos, los libros y los periódicos y asiste a charlas y talleres (Prins 1999). Según su experiencia práctica y sus estudios, tiene un concepto o una estrategia para lograr buenas cosechas y ganancias. Así, el productor va identificando nuevas ideas y prácticas para probar en su finca. Cada nuevo ciclo de siembra también es una prueba de su experiencia y sus habilidades, que le permite ir afinando sus estrategias de producción (Staver 2001). Mediante la búsqueda de nueva información, experimentos en finca y prueba y error a lo largo de los ciclos de siembra, cada agricultor va planteando cambios. No solamente cambia sus prácticas, sino también sus criterios de decisión, su estrategia para obtener buenas cosechas y, posiblemente, cambia también sus redes de consulta y de información.

En este contexto, en el presente estudio se plantearon los siguientes objetivos con tres grupos de horticultores de la zona norte de Cartago, Costa Rica:

- Determinar su nivel de conocimientos agroecológicos, ya que la progresión en MIP implica un uso cada vez mayor de información de este tipo.
- Explorar sus estrategias de rastreo de información y de generación de conocimientos.
- Cuantificar sus prácticas de producción y sus criterios para el uso de insumos y prácticas.
- Analizar hasta qué punto los conocimientos agroecológicos, las estrategias y las prácticas usadas se relacionaban entre sí y con el estado fitosanitario de los campos de producción.
- Categorizar cada agricultor según las etapas de MIP.

Cerramos el análisis con recomendaciones prácticas sobre una agenda de investigación y enfoques alternativos de capacitación que contribuyen a un MIP en el cual los agricultores hacen un mayor uso de conocimientos ecológicos.

## Materiales y métodos

Las doce fincas de producción hortícola en el estudio están ubicadas entre Pacayas, Capellades y Cipreses en la zona norte de Cartago, en Costa Rica. Las dos primeras pertenecen al cantón Alvarado, a 1735 msnm, una temperatura promedio de 15 °C y precipitación anual de 2313 mm. Cipreses se ubica en el cantón de Oreamundo, a 1453 msnm, su temperatura promedio es de 19 °C, con una precipitación promedio anual de 1275 mm. Los suelos que predominan en las zonas son de origen volcánico en pendientes de moderadas a fuertes.

Se escogieron tres grupos de horticultores, con cuatro fincas cada uno, para lograr una amplitud de estrategias y tácticas de manejo de plagas: (i) ORG: producción orgánica-productores pertenecientes a la Asociación de Productores Orgánicos de la Zona Norte de Cartago (APROZONOC); (ii) MAG: producción convencional asistida por el Ministerio de Agricultura; y (iii) CC: producción convencional asistida por casas comercializadoras de agroquímicos.

Se elaboró una lista inicial de agricultores con las organizaciones contacto —MAG de Pacallas, Cipreses y Capellades, Casa Comercial ASOPAC y la Asociación de Productores Orgánicos de la Zona Norte de Cartago (APROZONOC)—. En las visitas preliminares, los agricultores fueron caracterizados por años de experiencia practicando agricultura, tamaño de la finca, condiciones climáticas, tipo de suelo y acceso a recursos. Además, cada agricultor indicó sus planes de siembra para la época seca que se aproximaba. De esta manera, se escogieron cuatro agricultores de cada grupo, con una experiencia de entre 10 y 20 años, con cierta semejanza socioeconómica y con planes de siembra que permitieran una logística de muestreo durante el período del estudio (cinco meses). Aun así, los agricultores orgánicos quedaron en la parte agroclimática más baja de la zona, con cultivos de zapallito (*Cucurbita pepo* L.) y lechuga (*Lactuca sativa* L.), mientras los otros dos grupos estuvieron en el rango agroclimático superior, con siembras de coliflor (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) y repollo (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.).

### Manejo conceptual de los componentes del agroecosistema

Para cuantificar los conocimientos que el agricultor posee acerca del agroecosistema se elaboraron cinco grupos de preguntas acerca de suelo, plagas, organismos benéficos, vegetación espontánea y enfermedades, con preguntas individuales sobre identificación, ciclos de vida y condiciones que favorecían y desfavorecían el insecto o agente causal de enfermedades, acompañadas de láminas que incluían fotografías y muestras vivas. Cada respuesta

dada por el productor fue calificada en una escala de ningún conocimiento (0) a excelente comprensión (1) con base en la respuesta y las explicaciones acompañantes. A partir de las calificaciones obtenidas realizamos comparaciones de medias utilizando ANDEVAS.

### Estrategias de búsqueda de información y ampliación de conocimientos

Se llevó a cabo una encuesta semiestructurada enfocada en tres secciones: (i) fuentes de información a las que los productores acuden en caso de problemas fitosanitarios con sus cultivos; (ii) fuentes de información y asesoría para realizar experimentación; y (iii) clases y número de capacitaciones recibidas en el último año y el agente capacitador. Las respuestas fueron codificadas en forma numérica para llegar a una cuantificación de la intensidad de búsqueda de información (IBI):

$$IBI = \Sigma(\text{No. capacitaciones} + \text{fuentes de información} + \text{nuevos experimentos})$$

La escala permitió hacer una regresión entre los conocimientos agroecológicos y la IBI.

### Prácticas agrícolas, criterios de decisión y sistemas de cultivos

En las visitas semanales que se realizaron a las fincas durante los ciclos de cultivo, se recopiló información concerniente a prácticas de saneamiento (químicas, culturales, biológicas), número de aplicaciones químicas o biológicas por cultivo, fertilizaciones, enmiendas, densidades de cultivos, insumos utilizados y frecuencia de uso y control de vegetación espontánea. También se observó lo que sucedía en el resto de la finca. En una entrevista final con el productor, se indagó cada una de las prácticas realizadas a lo largo del ciclo del cultivo en forma ascendente (¿qué hacemos?), así como los insumos que se utilizan (¿con qué?), frecuencias, dosis, distancias (¿cómo lo hacemos?) y los criterios en los cuales se basan para la toma de decisiones (¿por qué lo hacemos?). La información recopilada fue codificada numéricamente como en el caso anterior, otorgándole un valor de 0 cuando no se realizaba y un valor de 1 cuando se ejecutaba. De la misma manera se cuantificaron y tabularon el número e intervalos de aplicaciones tanto de fertilizante, fungicida y herbicida como los criterios para la toma de decisiones. Finalmente, se diseñó una categorización numérica para cada alternativa de producción con base en la clase de insumos y criterios para la toma de decisiones que las caracteriza, lo cual permitió ubicar a los productores de los cuatro sistemas

**Cuadro 1.** Escala de insumos y criterios para clasificar agricultores según las cuatro alternativas de producción

Actividad	Calendarización (0,25)	Uso racional (0,50)	Sustitución (0,75)	Rediseño (1)
Preparación del terreno	El mismo tipo de laboreo para todos los cultivos. Uso de maquinaria agrícola.	Tipo de laboreo según el cultivo. Uso de maquinaria o tracción animal.	Tipo de laboreo según el cultivo y la presencia de plagas en el suelo; preparación mecánica y manual.	Laboreo mínimo o nulo para mejorar las condiciones del agroecosistema como hábitat.
Criterios para el control de plagas	Intervalo fijo de aplicación (cada 8 o cada 15 días).	Aplicaciones con base en recuentos y umbrales de daño de plagas.	Aplicaciones con base en recuentos y umbrales para plagas y benéficos.	Aplicaciones basadas en recuentos de organismos benéficos y plagas durante y fuera del ciclo de cultivo.
Insumos para el control de plagas	Plaguicidas tóxicos de amplio espectro y mezclas de fungicidas e insecticidas.	Plaguicidas específicos y de baja toxicidad y uso reducido de mezclas.	Uso de productos orgánicos, menos tóxicos para organismos benéficos y el medio ambiente.	Uso de rotaciones, cultivos en asocio, descanso, enmiendas al suelo, bordes como hábitat.
Criterios para fertilización	Productos y dosis rutinarias, sin considerar tipo de cultivo y requerimientos del suelo.	Aplicación según los requerimientos del cultivo y con base en un análisis edáfico.	Aplicación según los requerimientos del cultivo y con base en un análisis del suelo.	Aplicaciones para nutrir la planta, reponer los nutrientes del suelo y mejorar su salud.
Insumos para fertilización	Fertilizantes sintéticos en mezclas de nutrientes.	Fertilizantes de nutrientes individuales.	Abonos orgánicos, coberturas verdes.	Abonos orgánicos, coberturas verdes.
Manejo de vegetación espontánea	A lo largo del ciclo de cultivo, para eliminar vegetación espontánea totalmente.	Solamente en períodos críticos.	Solamente en períodos críticos y en función del daño de cada hierba.	Vegetación espontánea como hábitat de otros organismos con control selectivo contra dañinas.
Insumos para el control de vegetación espontánea	Herbicidas químicos en mezclas y amplio espectro.	Herbicidas químicos dirigidos.	Eliminación mecánica, manual, rotaciones y coberturas para efecto a corto plazo.	Eliminación mecánica manual, rotaciones, coberturas con metas a mediano plazo.
Registros	No se llevan registros.	Registros de insumos y plagas.	Registros de insumos, plagas y organismos benéficos.	Registros amplios, incluyendo plagas y benéficos dentro y fuera del plantío y del ciclo y del suelo.
Distribución de cultivos en el tiempo	Monocultivos, sin criterio de control de plagas.	2-3 familias de cultivos en función de control de plagas.	4-5 familias de cultivos en función de control de plagas y benéficos.	Más de 5 familias en el agroecosistema, en función de hábitat aéreo y del suelo.
Distribución de cultivos en el espacio	Monocultivos, sin criterio de control de plagas.	Más de dos familias de cultivos en función de control de plagas.	Más de cuatro familias en función de control de plagas y benéficos.	Más de 5 familias en el agroecosistema, en función de hábitat y calidad biológica del suelo



en el nivel correspondiente de manejo (Cuadro 1). Se completó una regresión de los conocimientos frente a las prácticas utilizadas.

### Diagnóstico de sanidad del cultivo y el terreno

En cada finca en un plantío se estableció una parcela de muestreo de  $30 \times 30 \text{ m}^2$ , donde se evaluó semanalmente el vigor de cultivo, la incidencia y severidad de plagas y enfermedades foliares y la biomasa por especie de la vegetación espontánea. Una vez durante el ciclo del cultivo se evaluó el banco de semilla en el suelo, el fraccionamiento de la materia orgánica del suelo, la biomasa microbiana y la presencia de lombrices. Los datos fueron analizados con un diseño irrestricto al azar en el tiempo. Con base en estos resultados, se elaboró una matriz que permitiera calificar las condiciones de cada componente del agroecosistema en las doce fincas evaluadas en función de una escala de 0–0,25 (malo); 0,26–0,50 (regular); 0,51–0,75 (bueno); y 0,76–1 (muy bueno). Se diferenció entre la sanidad actual y los factores relacionados con la salud futura del sistema. Se usó una regresión para analizar la relación entre las prácticas usadas y el estado del cultivo.

## Resultados y discusión

### Manejo conceptual de los componentes del agroecosistema

Los tres grupos de horticultores presentaron diferencias significativas en la conceptualización general de agroecosistema ( $p = 0,07$ ), así como en los componentes suelo ( $p = 0,05$ ) y vegetación espontánea ( $p = 0,02$ ). En los tres casos, los productores ORG alcanzaron la calificación más alta (0,71, 0,77 y 0,74, respectivamente). Aunque no se encontraron diferencias estadísticas en el conocimiento de organismos benéficos, plagas y enfermedades entre los tres tipos de productores, las tendencias ubican a los ORG con mayores conocimientos. Aunque como un todo se observó un concepto más completo del agroecosistema entre los agricultores orgánicos, existen excepciones de productores MAG y CC que manejan bien el concepto (Figura 1).

El conocimiento de las enfermedades registró la calificación más baja para los tres grupos de agricultores. A pesar de que la mayoría de los productores identifica y diferencia el agente causal, fue evidente que manejan poca información sobre ciclos de vida, períodos críticos de la planta, hospederos alternos de los patógenos y los factores que propician el desarrollo de las enfermedades en sus sistemas (Cuadro 2). En general, los productores mostraron menos conocimientos sobre lo que no pueden observar directamente, como es el caso de ciclos biológicos de hongos

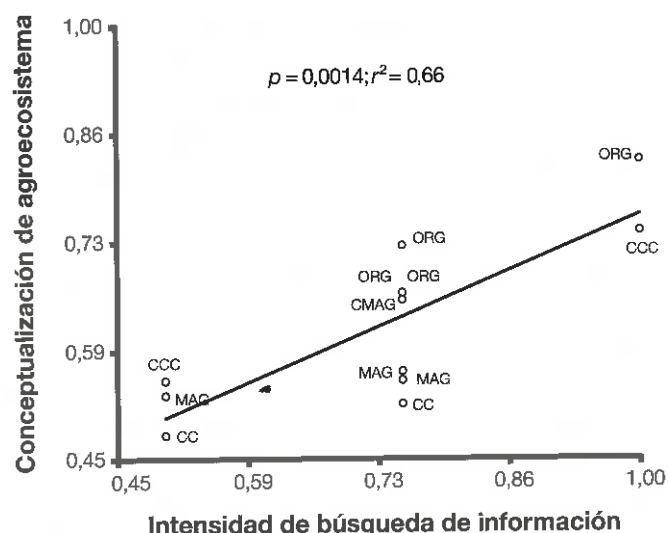
o bacterias, hospederos alternos y hábitat para organismos benéficos. Aunque el conocimiento sobre vegetación espontánea no cabe en esta generalización, porque se supone que la naturaleza de la vegetación espontánea es más fácilmente observable, los agricultores MAG y CC fueron algo más débiles en estos conocimientos.

### Estrategias de búsqueda de información y ampliación de conocimientos

Se observaron diferencias significativas entre los tres grupos en cuanto a las fuentes de información para resolver sus problemas fitosanitarios, enriquecer su experimentación y capacitarse, aunque no se encontró una diferencia significativa en un índice combinado de los tres temas.

En la búsqueda de posibles soluciones a los problemas fitosanitarios, cada grupo tiene sus preferencias en cuanto a fuentes de información. Los CC recurren a las casas comerciales, la experiencia propia, al Ministerio de Agricultura y amigos y vecinos, pero no mencionan bibliografía como fuente de información. Los MAG consultan al Ministerio de Agricultura y luego a las casas comerciales; posteriormente recurren a su propia experiencia y en menor grado a vecinos y bibliografía. Los agricultores ORG mencionan a amigos y vecinos y experiencia propia como mayor fuente de información para resolver un problema fitosanitario dado, luego bibliografía y, en menor grado, al Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), APROZONOC y casas comerciales. Las únicas diferencias estadísticas entre los tres grupos de agricultores fueron su frecuencia de consulta a casas comerciales y al Ministerio de Agricultura. Los ORG no consultan al Ministerio de Agricultura y recurren en un menor grado a casas comerciales, mientras que ambos constituyen las principales fuentes para los otros dos grupos ( $p = 0,01$  y  $0,07$ , respectivamente).

La experimentación entre los grupos de agricultores se resume en dos grandes grupos: prácticas orgánicas (aplicación de lombricompost, bioabonos a base de frutas, trampas de insectos, hongos fitopatógenos) y productos químicos (fungicidas, insecticidas, fertilizantes, herbicidas, hormonas de crecimiento). La experimentación de prácticas orgánicas es llevada a cabo en su gran mayoría por los productores ORG, quienes tienen como mayor fuente de información al INA ( $p = 0,003$ ). Otras fuentes consultadas son la experiencia propia y, en menor proporción, la asesoría de APROZONOC y consultas bibliográficas, pero sin diferencias significativas con los otros dos grupos de agricultores. La experimentación con productos químicos es exclusiva de los MAG y CC, siendo las casas comerciales la fuente de información más importante ( $p = 0,003$ ).



**Figura 1.** Relación entre la búsqueda de información y el manejo conceptual del agroecosistema entre los productores de la zona norte de Cartago, Costa Rica, 2003. ORG = orgánicos; MAG = producción convencional asistida por el Ministerio de Agricultura; CC = producción convencional asistida por casas comerciales.

No se encontraron diferencias estadísticas entre los tres grupos en cuanto al número total de capacitaciones, aunque en promedio los MAG fueron algo menos activos. Sin embargo, hubo diferencias en los tipos de capacitaciones. Los ORG participan en talleres y visitas a fincas ( $p = 0,004$  y  $0,003$ ), mientras los CC asisten a charlas ( $p = 0,03$ ).

Es interesante notar que los agricultores tienen diferentes combinaciones de actividades, algunos fuertes en experimentación y otros fuertes en asistencia a capacitaciones con muy poca experimentación (Cuadro 3). Los dos agricultores más activos en su búsqueda de información pertenecen a ORG y CC. Los tres agricultores menos activos son de CC y MAG. Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre los tres grupos en el IBI.

Un análisis de regresión lineal mostró la relación entre la IBI y la calificación del manejo conceptual obtenida por los productores de los tres sistemas (Figura 1). Conforme aumenta el interés por buscar nueva información y ampliar el conocimiento, los niveles de conceptualización del agroecosistema también se incrementan. Los CC y MAG tienden a concentrarse hacia la parte inferior de la línea de regresión, quizás porque su fuente principal de información son las casas comerciales y el Ministerio de Agricultura, que ofrecen recomendaciones sobre la solución inmediata a la mayoría de problemas fitosanitarios sin abordar sus causas. Los ORG se van formando en talleres y visitas de finca, de manera más activa, y además cuentan con una mayor diversidad de fuentes de información.

### Prácticas agrícolas, criterios de decisión y sistemas de cultivos

Se presentaron diferencias significativas en el tipo de insumo y las prácticas agrícolas empleadas por los tres grupos, especialmente en plaguicidas y deshierbes a través del ciclo y abonos en la siembra. Los agricultores ORG usaron insecticidas, fungicidas y abonos orgánicos, aunque también emplearon abonos químicos. Los agricultores MAG y CC usaron plaguicidas y abonos sintéticos en cantidades estadísticamente mayores frente a los de ORG. En cuanto a la diversidad de cultivos en la finca, los agricultores ORG presentaron una mayor diversificación de cultivos repartidos en los campos de la finca, ya sea en forma individual o asociada, en comparación con los otros dos sistemas, cuyos cultivos estaban únicamente en monocultivo (Cuadro 4). Entre los MAG y CC predominan las solanáceas y brasicáceas, familias de importancia comercial en la zona, y la distribución de algunos árboles frutales en los alrededores, que sirven para el consumo. Un comportamiento similar se observó en las rotaciones con una mayor diversificación de familias de cultivos en las fincas ORG.

Con base en la clase de insumos y los criterios que usan los productores para la toma de decisiones en cada sistema, se clasificaron en forma global las prácticas agrícolas que realizan, según la escala previamente establecida para cada alternativa de producción: calendarización, uso racional, sustitución y rediseño (Cuadro 2). Entre los 12 agricultores predomina la calendarización (56%), seguida por la sustitución (17%), el uso racional (15%) y el rediseño (12%). Seis de los agricultores aún practican la agricultura, principalmente a través de la calendarización, mientras los otros seis tienen estrategias diversas. Por ejemplo, Alexander del grupo CC emplea la calendarización y el uso racional, mientras Guido MAG utiliza el uso racional y la sustitución. Entre los ORG, Roberto y Evelio practican la calendarización, la sustitución y el rediseño, mientras Álvaro y Rafael están en la sustitución y el rediseño.

En cuanto a los criterios para aspersiones con insecticidas o fungicidas, en los tres sistemas los agricultores utilizan una estrategia de calendarización, lo cual señala que a pesar de que los ORG emplean productos amigables con el ambiente, realizan aplicaciones rutinarias, similares a los MAG y CC, sin considerar las densidades poblacionales de las plagas y los períodos críticos de las plantas. Para las fertilizaciones, un gran número aplica de forma calendarizada sin un previo análisis de suelos ni en función de las necesidades del cultivo, aunque una minoría emplea criterios de uso racional. El manejo de vegetación espontánea es quizás la práctica agrícola en la cual el *por*

**Cuadro 2.** Conocimientos de los componentes del agroecosistema de tres tipos de agricultores de la zona norte de Cartago, Costa Rica, 2003

Conceptos por componente	Sistemas		
	ORG	MAG	CC
<b>Suelo</b>	<b>0,77</b>	<b>0,65</b>	<b>0,60</b>
¿Cuándo un suelo es fértil?	0,60	0,50	0,50
Los nutrientes del suelo y sus funciones en la planta	0,50	0,50	0,65
Fuentes de nutrientes	0,70	0,60	0,70
¿Existe vida en el suelo? ¿Qué clase de vida ?	1,00	0,65	0,50
Efecto de los plaguicidas en el suelo	0,80	0,75	0,50
Descomponedores de material vegetal en el suelo	1,00	0,90	0,75
<b>Organismos benéficos</b>	<b>0,74</b>	<b>0,62</b>	<b>0,61</b>
Identificación visual de organismos benéficos	0,80	0,70	0,70
Concepto de organismo benéfico	0,90	0,60	0,75
Hábitat de organismos benéficos	0,75	0,65	0,50
Factores que influyen en el nivel de organismos benéficos	0,50	0,52	0,50
Vegetación espontánea	<b>0,74</b>	<b>0,38</b>	<b>0,56</b>
Concepto de vegetación espontánea	1,00	0,50	0,75
Identificación visual de vegetación espontánea	0,75	0,25	0,50
Hábitos de crecimiento	0,70	0,50	0,50
Formas de propagación	0,50	0,25	0,50
<b>Plagas</b>	<b>0,76</b>	<b>0,63</b>	<b>0,54</b>
Concepto de plaga	0,75	0,75	0,75
¿Cuándo un insecto se convierte en plaga?	0,60	0,50	0,25
Reconocimiento de plagas	1,00	1,00	1,00
Ciclo biológico de insecto plaga	0,75	0,50	0,25
Períodos críticos de daño en las plantas	0,75	0,50	0,50
Hospederos alternos de plagas	0,70	0,50	0,50
<b>Enfermedades</b>	<b>0,56</b>	<b>0,44</b>	<b>0,54</b>
Identificación del agente causal	0,75	0,75	1,00
Factores relacionados con su desarrollo	0,50	0,50	0,50
Períodos críticos de daño en las plantas	0,50	0,25	0,40
Hospederos alternos de enfermedades	0,50	0,25	0,25
<b>Conceptualización general del sistema</b>	<b>0,71a</b>	<b>0,57b</b>	<b>0,57b</b>

Notas: ORG = orgánicos; MAG = producción convencional asistida por el Ministerio de Agricultura; CC = producción convencional asistida por casas comerciales. Medias con igual letra no tienen diferencia significativa según la prueba de rango múltiple de Duncan.

qué y el cómo difieren entre los tres sistemas, pues los ORG suelen reconocer cuáles especies de la vegetación espontánea hay que eliminar, y cuáles se pueden dejar dentro del cultivo y en sus alrededores. Los ORG aplican el concepto de que la vegetación espontánea sirve como hospedera de insectos benéficos que pueden ayudar a regular las plagas y favorecer la estructura del suelo.

En lo concerniente a la diversificación de cultivos, los criterios en los tres sistemas obedecen en primer lugar a un estilo de comercialización y mercado. Los ORG venden su producción en ferias locales del agricultor en pequeñas cantidades cada semana, mientras los de MAG y CC venden a mercados de mayoreo. Los ORG justifican su estilo de

producción también en sus convicciones ambientales, ya que consideran los beneficios ecológicos que éste tipo de arreglos conllevan para al agroecosistema y la comunidad. Sus criterios de rediseño son aún muy generales, sin abarcar un conocimiento de relaciones específicas entre plagas y controladores naturales, aunque superan en sus conocimientos a los CC y los MAG.

Al realizar el análisis de regresión entre las prácticas agrícolas y el conocimiento que el productor maneja, se obtuvo una relación altamente significativa, que muestra que a medida que los niveles de conocimientos agroecológicos del productor aumentan, sus prácticas pasan de la calendarización a las etapas sucesivas (Figura 2).

**Cuadro 3.** Intensidad de búsqueda de conocimientos agrícolas por productores de tres sistemas de producción en el norte de Cartago, Costa Rica, 2003 (1= intensidad alta; 0 = intensidad baja)

Productor y sistema	Capacitaciones	Fuentes de información	Experimentación	IBI
<b>Orgánicos</b>				
Roberto	5	4	2	1,00
Alvaro	2	3	3	0,75
Evelio	3	2	3	0,75
Rafael	2	3	1	0,75
<b>Asistidos por el Ministerio de Agricultura</b>				
Guido	1	3	3	0,75
Dagoberto	3	3	2	0,75
Manuel	0	2	2	0,50
Arturo	2	3	2	0,75
<b>Asistidos por casas comerciales</b>				
Alexander	5	3	2	1,00
Ronald	1	2	2	0,50
Francisco	1	2	2	0,50
Carlos	5	1	1	0,75

Notas: IBI = intensidad de búsqueda de información.

### Diagnóstico de la sanidad del cultivo, vegetación espontánea y suelos

Las evaluaciones de vigor de cultivo, suelo, vegetación espontánea, incidencia y severidad de plagas que dan una visión de las condiciones de sanidad de los cultivos entre los horticultores de los tres sistemas de producción están presentadas con mayor detalle en Clavijo (2003). En este artículo se resumen en dos grupos: las variables biológicas en el presente, que muestran la condición de sanidad del cultivo directamente relacionada con el rendimiento y la calidad de la cosecha, y las variables que indican condiciones ecológicas futuras del sistema (Cuadro 5).

No se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tres grupos de productores en cuanto a condiciones de sanidad del cultivo en el presente. Ocho campos se ubicaron en la categoría de buena sanidad de cultivo, con promedios entre 0,50 y 0,75. De estos, dos pertenecían al ORG, con los promedios más altos, tres al MAG y tres al CC. Los demás campos tuvieron una condición regular que fluctúa desde 0,25 a 0,50.

Las variables relacionadas a la condición futura, el banco de semillas de vegetación espontánea y las características ecológicas del suelo presentaron diferencias altamente significativas ( $p = 0,005$ ) entre sistemas, donde ORG (0,75) tuvo los más altos promedios, seguido de CC (0,55) y finalmente MAG (0,35). Estos resultados permiten predecir de cierta manera el comportamiento futuro de estos agroecosistemas, por cuanto la mayor presencia de vegetación espontánea "benéfica" en el ORG traerá una mayor cantidad de insectos benéficos, protección de

la superficie del suelo de la erosión con sus raíces o su cubierta foliar, retención de nutrimentos que podrían ser lixiviados del sistema y la adición de materia orgánica al suelo (Gliessman 2002). De la misma manera, la mayor presencia de lombrices garantiza una mejor aireación en el suelo, procesos eficaces de descomposición del material de desecho disponible, y la consecuente mejora en la estructura del suelo. La macromateria orgánica del suelo indica una mayor reserva de nutrientes disponibles para el cultivo. El análisis de regresión entre las prácticas agrícolas y las condiciones de los agroecosistemas mostró una relación positiva, aunque mayormente bajo la influencia de dos campos ORG con un buen estado de cultivo y numerosas prácticas en función de la salud del sistema.

En conclusión, los resultados indican que los horticultores con más conocimientos sobre el agroecosistema utilizan más prácticas MIP, entre uso racional, sustitución y rediseño del sistema de producción. Los agricultores con más conocimientos se caracterizan por su búsqueda más intensa y diversificada de nueva información. La relación entre el uso de prácticas de MIP y la sanidad del cultivo fue menos fuerte.

En general, los agricultores no tenían una comprensión detallada del agroecosistema. Presentaron buenas habilidades para la identificación de plagas y enfermedades, aunque muchos menos, conocimientos sobre ciclos de vida, relaciones depredador-presa, factores abióticos en la abundancia de organismos y la ecología del suelo. A pesar de estar presentes diariamente en sus campos observando la variabilidad del crecimiento del cultivo y la presencia

**Cuadro 4.** Familias de cultivos presentes en los planes de rotación y distribución en el espacio en tres sistemas de producción de la zona norte de Cartago, en Costa Rica, 2003

Familias de cultivos	ORG		MAG		CC	
	Rotación	Espacio	Rotación	Espacio	Rotación	Espacio
Solanáceas	X	X	X	X	X	X
Brasicáceas		X		X		X
Liliáceas	X	X				
Quenopodiáceas	X	X				
Medicinales		X				
Leguminosas	X	X				
Frutales		X		X		X
Cucurbitáceas	X	X				
Asteráceas	X	X				
Crucíferas	X		X		X	
Umbelíferas	X				X	
Apiáceas	X					

Notas: ORG = orgánicos; MAG = producción convencional asistida por el Ministerio de Agricultura; CC = producción convencional asistida por casas comerciales.

de plagas, no manejaban un marco agroecológico para interpretar sus observaciones. Los productores ORG tuvieron un nivel significativamente mayor de conocimientos que los otros dos grupos, especialmente acerca de la vegetación espontánea y la vida del suelo.

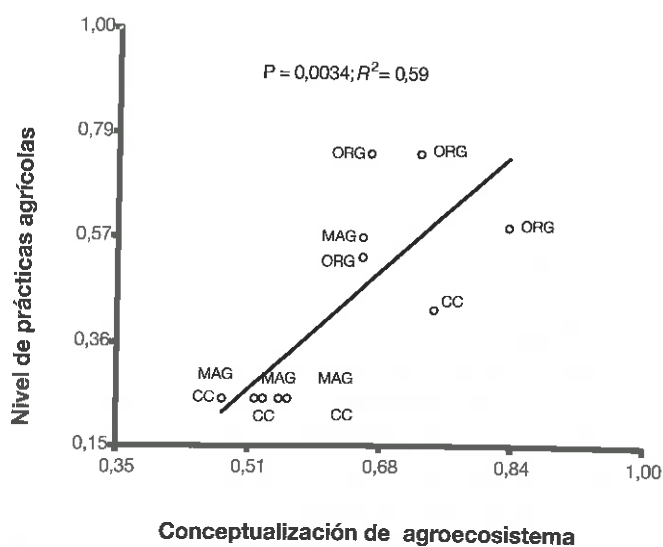
Los tres grupos de agricultores usan fuentes diversificadas de información para ampliar sus conocimientos y así mejorar el manejo del cultivo. Los MAG y CC dependen de estas mismas fuentes para su información. Los ORG se capacitan en talleres y visitas de finca, lo que indica un uso de métodos más participativos que las charlas, mencionadas por los MAG y CC, aunque también acceden a información en las casas comerciales. Ninguno de los tres grupos usa materiales escritos para resolver sus problemas de plagas o para identificar prácticas alternativas.

No se percibe una progresión fuerte de aplicación calendarizada a uso racional y de ésta a sustitución y posteriormente al rediseño del sistema entre los agricultores. La gran mayoría de los CC, MAG y los ORG utilizan insumos según receta y calendario. El uso racional no se ubicó como un paso intermedio de calendarización a sustitución o rediseño del sistema. Los ORG emplean insumos orgánicos, pero los aplican con base en rutinas y dosis fijas. Para determinar hasta qué punto los agricultores que actualmente usan estrategias mixtas han ensayado con uso racional antes de pasar a las otras etapas es necesario contar con más información sobre los antecedentes que pueda ser incluida en el análisis.

En general, el estudio señala una reorientación de enfoques, de la tecnología misma a la persona que la aplica,

su fuente de información y sus esfuerzos para aumentar sus habilidades y herramientas para manejar el cultivo, las plagas y su finca. Así, el agricultor está mejor preparado para enfrentar un futuro incierto en términos de mercados, tecnología y controles legales, un aspecto fundamental de la sostenibilidad.

El estudio también sugiere que, por su facilidad de implementación, la sustitución y el rediseño podrían ser mejores alternativas para alcanzar sistemas de cultivos más sanos que las tácticas de uso racional. Estas últimas



**Figura 2.** Relación entre el nivel de prácticas agrícolas, con la conceptualización del agroecosistema de los productores de la zona norte de Cartago, Costa Rica, 2003. ORG = orgánicos; MAG = producción convencional asistida por el Ministerio de Agricultura; CC = producción convencional asistida por casas comerciales.

**Cuadro 5.** Valores otorgados para las condiciones de cada componente del agroecosistema en doce fincas al norte de Cartago, Costa Rica, 2003

Productor/ sistema	Presente					Promedio	Futuro					Promedio	
	Sanidad del cultivo			Vegetación espontánea (biomasa)			Vegetación espontánea (banco de semilla)			Suelo			
	Vigor	Plagas	Enfermedades	Benéfica	Agresiva		Benéfica	Agresiva	Lombri-ces	MMO	BM		
<b>Productores orgánicos</b>													
Roberto	0,25	0,25	0,25	0,75	0,25	0,35	0,75	0,50	1,00	0,25	0,25	0,55	
Alvaro	0,75	0,75	0,75	1,00	0,25	0,70	0,75	0,50	1,00	0,75	0,75	0,75	
Evelio	0,75	0,25	0,75	0,25	0,25	0,45	1,00	0,25	0,75	1,00	0,75	0,75	
Rafael	1,00	1,00	1,00	0,50	0,25	0,75	1,00	0,50	0,75	0,75	0,75	0,75	
<b>Producción convencional asistida por el Ministerio de Agricultura</b>													
Guido	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,50	0,25	0,75	1,00	0,55	
Dagoberto	0,75	0,75	0,75	0,25	0,25	0,55	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
Manuel	0,75	0,25	0,75	0,25	0,50	0,50	0,25	0,25	0,25	0,25	0,75	0,35	
Arturo	0,25	1,00	0,75	0,25	0,25	0,50	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
<b>Producción convencional asistida por casas comerciales</b>													
Alexander	0,25	0,25	0,75	0,25	0,25	0,35	0,50	0,50	0,25	1,00	1,00	0,65	
Ronald	0,75	0,75	0,75	0,25	0,25	0,55	0,25	0,25	0,25	0,75	0,75	0,45	
Francisco	0,75	1,00	0,75	0,50	0,25	0,65	0,50	0,50	0,25	0,75	0,75	0,55	
Carlos	0,75	1,00	0,75	0,50	0,25	0,65	0,50	0,50	0,25	0,75	0,75	0,55	

Notas: MMO = macromateria orgánica del suelo; BM = biomasa microbiana.

son intensivas en monitoreo, con criterios estrictos de decisión y dependencia de los plaguicidas, mientras que la sustitución y el rediseño cuentan con una mayor efectividad de procesos de control natural y se pueden aplicar aun en condiciones de bajo uso de plaguicidas.

Las particularidades de la zona de estudio en términos de los cultivos, la cercanía a grandes zonas urbanas y el alto uso de plaguicidas podrían limitar la aplicabilidad de las conclusiones, aunque pensamos que estudios con cultivos perennes y granos básicos van a presentar conclusiones similares, especialmente dada la importancia creciente de los mercados orgánicos. Señalamos que la metodología del estudio se podría mejorar en los siguientes temas:

- Adicionar una sección para probar el conocimiento que tienen los agricultores sobre plaguicidas, sus métodos de aplicación y sus efectos sobre la red alimenticia y la salud humana. En la versión actual la única pregunta sobre plaguicidas trata de su efecto sobre organismos del suelo.
- Seleccionar agricultores con un solo método de comercialización. En la zona del estudio los agricultores orgánicos no producen para el mercado de mayoreo y los convencionales no producen para la venta directa.
- Inventariar los materiales impresos por tema y fecha de adquisición de cada productor como una

categoría adicional de la estrategia de búsqueda de información.

- Medir poblaciones de insectos benéficos en el cultivo y en los bordes como parte del índice de sanidad del cultivo.
- Reformular los criterios para las cuatro categorías de MIP (Cuadro 1) según el sistema de producción y la región en estudio. Aunque las cuatro etapas son aplicables, el tipo de cultivo y el rango de tecnologías varían. Este cuadro es medular a la forma de las conclusiones del estudio.

Las siguientes recomendaciones son relevantes para un enfoque de capacitación en apoyo a un manejo más efectivo y menos tóxico:

- La capacidad de los agricultores de usar el razonamiento agroecológico en el momento de tomar decisiones de manejo de plagas y del cultivo requiere fortalecimiento para los tres tipos de MIP. Enfoques de capacitación como la escuela de campo (Gallagher 1998) y el aprendizaje y experimentación por etapa del cultivo (CATIE 2003) emplean métodos participativos y grupales para fortalecer el razonamiento agroecológico de los agricultores y toman en cuenta diferentes tácticas para el manejo de plagas.

- El diseño de la capacitación se debe basar en lo que los agricultores actualmente saben y las habilidades específicas que requieren para tomar decisiones sobre uso racional, sustitución y rediseño.
- Las capacitaciones se podrían enfocar en los conocimientos y habilidades para un mejor manejo del agroecosistema de la finca como una empresa sostenible. Esto podría incluir registros de insumos, costos, rendimientos y prácticas, criterios de costo-beneficio, criterios de entradas y salidas, identificación de costos externos, acumulación de capital en materia orgánica del suelo y en menos presión de plagas, retornos de mano de obra y de gerencia, manejo de riesgos y establecimiento de metas. De esta manera, se puede vincular las bases de MIP a la rentabilidad y la sostenibilidad de la finca.
- La capacitación podría incluir el fortalecimiento de habilidades en la búsqueda de información y la generación de conocimientos.

Para la agenda de investigación los resultados del estudio indican lo siguiente:

- Se requiere de mayor esfuerzo en la investigación participativa que integre los resultados de la investigación existente en enfoques prácticos que podrían servir de modelos, estudios de caso o ejemplos para otros agricultores.
- Se debe desarrollar métodos de recuentos fáciles y eficientes para sustitución y rediseño y no solamente para el enfoque de uso racional.
- Las mismas estrategias y métodos de capacitación utilizados para fortalecer las habilidades de los agricultores para el razonamiento agroecológico, toma de decisiones, gerencia de la finca y búsqueda de información deben ser un tema de investigación. Los métodos eficientes para el fortalecimiento simultáneo de estas diferentes habilidades tienen un gran potencial para contribuir a comunidades rurales más rentables y sostenibles.

## Agradecimientos

Un profundo agradecimiento a los miembros de APROZONOC, a los técnicos del MAG en Pacallas, Capellades y Llano Grande y a los doce productores que colaboraron en la realización de este estudio: gracias a todos por su tiempo y su buena disposición.

## Literatura citada

- Altieri, M. 1999. Agroecología: Bases Científicas para una Agricultura Sustentable. Montevideo, UY, NORDAN. 338 p.
- Andrews, K. 2000. Si yo trabajaré en manejo integrado de plagas hoy: ¿Qué haría? *Manejo Integrado de Plagas* 57:2.
- Bird, G; Edens, T; Drummond, F; Groden, E. 1990. Design of pest management systems for sustainable agriculture. *In* Francis, C; King, L; Flora, C. eds. Sustainable Agriculture in Temperate Zones. New York, US, John Wiley. p. 55-110.
- CATIE. 2003. Guía para el manejo agroecológico de frijol. (Herramienta multimedia). Versión 1. Managua, Nicaragua.
- Clavijo, N. 2003. Calendarización, Uso Racional, Sustitución o Rediseño: Una comparación entre horticultores orgánicos y convencionales de la zona norte de Cartago en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 119 p.
- Gallagher, K. 1998. Farmer field schools (FFS): A Group Extension Process Based on Adult Non-formal Education Methods (en línea). Consultado 12 set. 2004. Disponible en <http://www.redepapa.org/Gallagher.pdf>
- Gliessman, S. 2002. Agroecología: Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible. Turrialba, CR, CATIE. 360 p.
- Kogan, M. 1998. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. *Annual Review of Entomology* 43:243-270.
- Murray, D. 1994. Cultivating Crisis - The Human Cost of Pesticides in Latin America. Austin, US, University of Texas Press. p. 37-41; 74-97.
- Ortiz, O. 2001. La información y el conocimiento como insumos principales para la adopción del manejo integrado de plagas. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 61:12-22.
- Perkins, J. 1982. Insects, Experts, and the Insecticide Crisis. New York, US, Plenum Press. p. 57-58.
- Prins, C. 1999. Rutas y redes de la extensión. *Revista Agroforestería de las Américas* 6 (21):21-25.
- Staver, C. 2001. Knowledge, science and practice in ecological weed management: farmer-extensionist-scientist interactions. *In* Liebman, M; Mohler, C; Staver, C. eds. Ecological Management of Agricultural Weeds. Reino Unido, Cambridge University Press. p. 99-138.
- Staver, C. 2003. Aprendizaje de los agricultores vinculado con procesos ecológicos para un mejor manejo de plagas: retos para CATIE y sus socios. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 65:21-33.
- Staver, C; Wiegel, J. 2004. ¿Cómo analizar el estado de tecnología y conocimientos para un manejo agroecológico? Disco compacto del Programa Regional de MIP y Agroforestería (NORAD). CATIE. Managua, Nicaragua.

# Distribuição vertical de lagartas de *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) em plantas de algodão

Marcos Gino Fernandes<sup>1</sup>  
Anderson Miguel Silva<sup>1</sup>  
Paulo Eduardo Degrande<sup>1</sup>  
Antonio Carlos Cubas<sup>1</sup>

**RESUMO.** O conhecimento da distribuição vertical de lagartas de *Alabama argillacea* (Hübner) no algodoeiro é de fundamental importância para tornar os processos de amostragem e de controle dessa praga mais eficientes. Para estudar a distribuição vertical da praga nas plantas foi conduzido durante o ano agrícola 1999-2000 um experimento na Fazenda Itamarati Sul, localizada no município de Ponta Porã, MS. A área experimental constou de 116 ha da cultura sob condições de irrigação através de pivô central. Para as análises foram demarcados três campos de algodoeiro com 10.000 m<sup>2</sup> divididos em 100 parcelas de 100 m<sup>2</sup> semeados com a variedade CNPA-ITA 90. As amostragens foram realizadas semanalmente durante todo o período de ocorrência do inseto. As análises dos dados demonstraram a preferência das lagartas de *A. argillacea* pelo terço superior das plantas, independentemente do tamanho das lagartas. Lagartas de tamanho grande foram mais frequentes no terço superior das plantas do que lagartas médias e pequenas. Em torno de 85% das lagartas grandes sempre foram encontradas no terço superior das plantas. Lagartas médias também foram mais frequentes no terço superior, uma vez que menos de 30% dessas lagartas foram observadas nos terços médio e inferior das plantas. Lagartas pequenas encontradas no terço superior sempre representaram valores próximos de 50% do total dessas lagartas encontradas na planta toda, enquanto que nos terços inferiores das plantas foram encontradas cerca de dez por cento dessas lagartas. Observou-se, portanto, que a preferência pelo terço superior ficou mais acentuada à medida que as lagartas se desenvolveram.

**Palavras-chaves:** curuquerê do algodoeiro, amostragem, distribuição espacial, ecologia dos insetos, distribuição intra-planta.

**RESUMEN. Distribución vertical de las orugas de *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) en plantas de algodón.** El conocimiento de la distribución vertical de las orugas de *Alabama argillacea* (Hübner) en algodón es de extrema importancia para tornar más eficientes los procesos del muestreo y control de este parásito. Para estudiar la distribución vertical del parásito en las plantas del algodón, se llevó a cabo un experimento en una hacienda ubicada en Ponta Porã, MS, Brasil. El área experimental tenía un total de 116 ha de la cosecha bajo irrigación a través de pivote central. Se definieron tres campos de algodón de 10.000 m<sup>2</sup>, los cuales se dividieron en 100 diagramas de 100 m<sup>2</sup> cada uno, plantados con la variedad de CNPA-ITA 90. Las muestras fueron recolectadas semanalmente durante todo el período de la ocurrencia del insecto. Los análisis de datos demostraron la preferencia de *A. argillacea* por el tercio superior de las plantas, independientemente del tamaño de las orugas. Los gusanos clasificados como "grandes" fueron más frecuentes en el tercio superior de las plantas que las orugas pequeñas y medianas. Cerca del 85% de las orugas grandes fueron encontradas en el tercio superior de las plantas. Los gusanos de tamaño mediano también fueron más frecuentes en el tercio superior, puesto que menos del 30% de estos gusanos fueron observados en los tercios medios e inferiores de las plantas. Alrededor del 50% de las orugas pequeñas se encontraron en los tercios superiores, mientras que en los tercios inferiores de las plantas se halló cerca del 10% de estos gusanos.

**Palabras clave:** orugas del algodón, muestreo, distribución espacial, ecología de insectos, distribución intra-planta.

<sup>1</sup> Universidade Federal da Grande Dourados, UFGD. Rodovia Dourados-Itahum, km 12, Bairro Aeroporto, Dourados, MS. C.P. 533, CEP: 79804-970. Brasil. mgfernand@ceud.ufms.br



**ABSTRACT.** Vertical distribution of *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) caterpillars on cotton plants. Knowing the vertical distribution of *Alabama argillacea* (Hübner) caterpillars in cotton crops is of utmost importance to improve sampling processes and the control of this pest. To study the pest's vertical distribution in the plants, we conducted an experiment in a farm in Ponta Porã County, MS, Brazil. The experimental area consisted of 116 ha of cotton under central pivot irrigation. Three 10,000 m<sup>2</sup> cotton fields divided into 100 plots of 100 m<sup>2</sup> each, planted with the CNPA-ITA 90 variety, were defined. Sampling was carried out every week throughout the period of occurrence of the insect. *A. argillacea* preferred the upper third of the plants, regardless of caterpillar size. Large sized worms were more frequent in the upper third of the plants than medium and small ones. Around 85% of the large caterpillars were found in the upper third of the plants. Medium sized worms were also more frequent in the upper third, and less than 30% of them were observed in the middle and lower thirds of the plants. Small caterpillars found in the upper third represented around 50% of total worms found in the whole plant, whereas in the lower thirds about 10% of these worms were found.

**Keywords:** cotton leafworm, sampling, spatial distribution, insect ecology, intra-plant distribution.

## Introdução

A ocorrência simultânea de várias pragas de importância econômica na cultura do algodoeiro, desde a emergência das plântulas até o final do ciclo da cultura, torna extremamente necessário definir meios práticos e eficientes de controle dessas pragas, de tal forma a provocar a menor alteração possível no meio ambiente com a devida economia para o produtor. O manejo integrado de pragas (MIP) tem sido indicado como excelente método para se atingir tal objetivo. Para que o MIP seja desenvolvido satisfatoriamente em um agroecossistema, é necessário estabelecer uma forma de amostragem rápida e eficiente das principais pragas e seus inimigos naturais (Fernandes 1998). Um programa de MIP deve ter como base amostragens fidedignas. Para tanto, o conhecimento do comportamento dos insetos no agroecossistema algodoeiro possibilita a adequada utilização de princípios ecológicos na amostragem e no controle de pragas nessa cultura.

O estudo da distribuição vertical das pragas na cultura, também conceituada como distribuição intraplanta, tem como principal justificativa o fato de que se pode, através desse conhecimento, definir formas de agilizar e aumentar a confiabilidade do processo de amostragem de insetos em uma determinada cultura. Além disso, tal conhecimento serve de subsídio para melhor entender práticas de campo usuais, como o local de melhor deposição dos inseticidas aplicados ou de atuação dos inimigos naturais com vistas a maximizar o controle da praga.

Muitos estudos têm sido realizados visando definir o padrão de distribuição vertical nas culturas agrícolas. Por exemplo, Jin *et al.* (1978) determinaram que lagartas de *Heliothis virescens* (Fab.) preferem o terço superior e médio do algodoeiro e, segundo (Mariconi 1976), *Alabama argillacea* (Hübner) ataca, preferencialmente, as folhas novas do ponteiro. Estes estudos da distribuição vertical

de populações nos agroecossistemas visam entender a ocorrência de pragas e inimigos naturais nas diferentes partes da planta durante todo seu período de ocorrência, auxiliando na definição da época e do modo mais eficiente de se realizar as amostragens de cada espécie de interesse com vistas a determinar o momento mais adequado de se adotar algum método de manejo da praga na cultura.

O entendimento de que o agroecossistema algodoeiro é uma unidade ecológica complexa (Busoli 1991), possibilita o uso adequado de princípios ecológicos no controle de pragas da cultura. Nesse sentido, deve-se entender que a fenologia do algodoeiro é um dos fatores que mais influenciam a dinâmica populacional de pragas e inimigos naturais em qualquer cultura agrícola. De acordo com Botrell (1983), a planta exerce influência sobre a temperatura, umidade e a movimentação de ar no micro-ambiente das pragas e dos inimigos naturais, além de prover o sustento para seu crescimento e reprodução, acabam também influenciando a fecundidade, o desenvolvimento e a sobrevivência da artropodofauna. Heilman *et al.* (1986) afirmaram que é imprescindível estabelecer um banco de dados que descreva as dinâmicas populacionais das pragas relacionadas com a fenologia da planta, tanto para as condições tropicais quanto subtropicais de cultivo. Dessa maneira, sistemas mais efetivos de produção e novas estratégias de controle de pragas devem ser implementados e utilizados.

*A. argillacea* é um lepidóptero nativo da América Tropical, ocorrendo em todas as regiões produtoras de algodão no Brasil (Almeida & Silva 1999), sendo uma importante praga na Região Central do Brasil, e só causam prejuízos à cultura durante a fase larval. Ramalho (1994) estima que essa praga pode reduzir em até 67% a produção da cultura, enquanto que Gallo *et al.* (2002) afirmam que uma lagarta pode consumir, em média, 66 cm<sup>2</sup> de folha

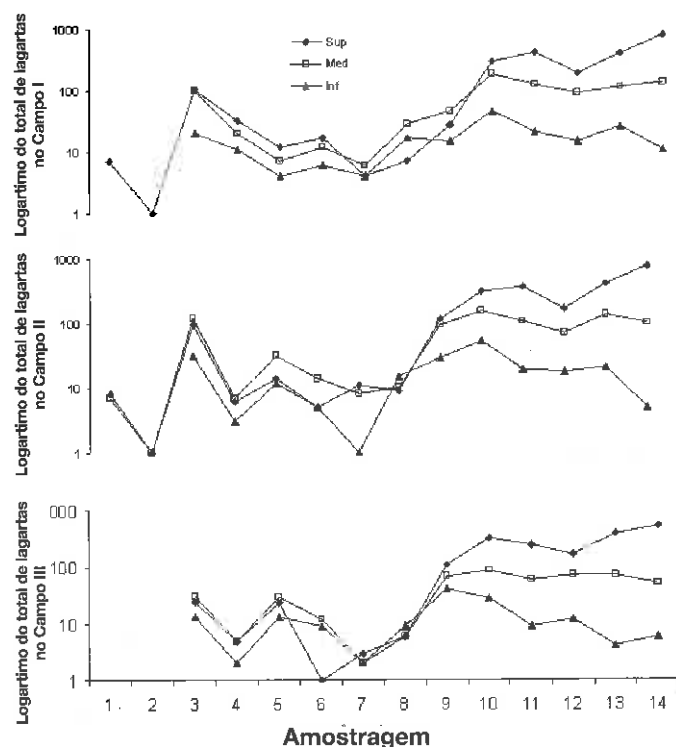
de algodoeiro, causando até 30% de prejuízos quando não controlada. Segundo Fernandes (1998), o período para a ocorrência de lagartas de *A. argillacea* na região de Dourados, MS, é dos 30 dias após a emergência das plantas até o final do ciclo da cultura, cujas condições ecológicas mais favoráveis à sua ocorrência estão condicionadas a períodos precedidos por tempo chuvoso com mais temperaturas elevadas (Degrande 1998).

A presente pesquisa teve como objetivo determinar a forma de distribuição vertical de *A. argillacea* em algodoeiro, visando tornar o processo de amostragem dessa praga rápido e confiável além de servir de subsídio para entender casos de sucesso e fracasso de controle da praga em áreas cultivadas com essa cultura.

## Material e métodos

### Caracterização do local de instalação dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos durante a safra 1999/2000 no município de Ponta Porã, Estado de Mato Grosso do Sul. A área experimental foi instalada na Fazenda Itamarati Sul S.A., que apresentou nesse ano agrícola 2400 ha cultivados com algodão irrigado através de pivô central.



**Figura 1.** Logartimo dos números totais de lagartas (pequenas, médias e grandes) de *A. argillacea* encontradas nos terços superior (sup), médio (med) e inferior (inf) da planta de algodão em 500 plantas avaliadas em três campos. Ponta Porã, MS, 1999-2000.

As coordenadas geográficas dessa região são 22°13'16"S e 54°48'20"W, e a altitude é de 430 m. O clima, de acordo com a classificação de Koppen, é Cfa (Clima Mesotérmico Úmido sem estiagem, em que a temperatura do mês mais quente é superior a 22 °C, apresentando no mês mais seco uma precipitação superior a 30 mm de chuva). A precipitação pluviométrica total anual da região é 1200 a 1400 mm. Já a evapotranspiração real anual é de 1100 a 1200 mm, e a temperatura média anual de 22 °C. A variação mesoclimática é de Úmido a Sub-úmido, com excedente hídrico anual de 800 a 1200 mm durante 05 a 06 meses e deficiência hídrica de 350 a 500 mm durante 04 meses.

O solo predominante da região é o Latossolo Vermelho, porém, encontra-se também, Argissolo Vermelho e Neossolos Quartzarênicos. O Latossolo Vermelho apresenta-se com textura argilosa e fertilidade natural variável, além de textura média e caráter álico, porém, é profundo, friável com grande homogeneidade ao longo de todo o perfil.

O relevo é normalmente plano e suave ondulado. A cobertura vegetal consiste basicamente de pastagem e agricultura formadas em região da Floresta Estacional Semidecidual e região da Savana (Cerrado).

### Amostragens

Para fins de controle local, em uma área irrigada de 116 ha semeada com algodão da variedade CNPA-ITA 90, foram demarcados três campos com 10.000 m<sup>2</sup> cada um, sendo cada campo dividido em 100 parcelas de 100 m<sup>2</sup> (10 × 10 m), que constituíram as repetições do experimento. Em cada parcela foram examinadas cinco plantas em seqüência (consecutivas) na linha central da parcela, num total de 500 plantas em cada um dos campos. Quando ocorriam chuvas pesadas durante uma avaliação, todos os dados já tomados daquele campo eram abandonados, e iniciava-se nova avaliação após o término da chuva. Esse procedimento levou em consideração o fato de que chuvas pesadas interfeririam na distribuição vertical das lagartas, pois poderiam jogá-las no chão, as forçariam a ter movimento para plantas vizinhas, ou ainda alteraria sua posição inicial na planta.

Foi amostrada a planta inteira, anotando-se separadamente o número de lagartas de *A. argillacea* presentes no terços superior, médio e inferior da planta examinada. Para tanto, cada planta amostrada era visualmente dividida em três partes iguais, independente da fenologia do cultivo. Assim, tanto em plantas pequenas (início das avaliações) quanto em plantas grandes (final das avaliações) o terço superior consistia da terça

parte mais alta das plantas, o terço médio da terça parte intermediária e o terço inferior da terça parte mais baixa. As lagartas encontradas foram classificadas em função do tamanho em pequenas (até 1,5 cm, que abrange o 1º, 2º e 3º instares), médias (entre 1,5 e 2,5 cm, abrangendo o 4º instar) e grandes (acima de 2,5 cm que indica o 5º e último instar da lagarta). As amostragens foram realizadas a intervalos semanais durante toda a época de ocorrência da praga, o que abrangeu praticamente todo o ciclo da cultura, compreendendo 14 amostragens nesse período em cada campo. As amostragens nos três campos ocorreram entre dezembro e março.

Objetivando a observação adequada do arranjo vertical dessa espécie na cultura, não foi realizado o controle químico dessa praga na área amostral. As demais pragas foram controladas com inseticidas seletivos à espécie em estudo.

### Análise dos dados

Para análise e interpretação dos dados coletados, utilizou-se inicialmente a estatística descritiva através da tabulação das variáveis medidas em campo e cálculo das medidas de posição (soma, média e porcentagem da média) e dispersão (desvio-padrão, coeficiente de variação e erro padrão da média) dessas variáveis.

Em seguida, objetivando analisar a relação entre o tamanho das lagartas e sua distribuição vertical, realizou-se outra análise estatística para comparar a hipótese de independência entre tamanho do inseto e a sua posição na planta. Para tanto, foi efetuada uma análise de tabelas de contingência, usando como critério de estratificação as estatísticas de Cochran-Mantel-Haenszel.

Foram, também, calculados os logaritmos dos números totais de lagartas encontradas em cada posição da planta para cada campo amostrado. Esses valores foram dispostos em gráficos para que se pudesse identificar graficamente a relação existente entre o tamanho das lagartas e sua posição nas plantas.

### Resultados e discussão

A densidade absoluta da população total de *A. argillacea* variou de 1 a 936 lagartas no Campo I, de 2 a 902 lagartas no Campo II e de 0 a 596 no Campo III (Tabela 1). Pode-se perceber através desses valores que a densidade específica máxima atingida pela população não alcançou o patamar de duas lagartas por planta em nenhum dos três campos amostrais durante as catorze amostragens realizadas. Mesmo assim, foi possível perceber intensa desfolha provocada pela praga em pontos localizados em todos os

**Tabela 1.** Estatísticas (soma, média, % média, desvio-padrão, coeficiente de variação e erro-padrão da média) das médias dos números totais de lagartas pequenas, médias e grandes de *A. argillacea* encontradas nos terços superior (sup), médio (med) e inferior (inf) de 500 plantas de algodão em 14 amostragens em três campos. Ponta Porã, MS, 1999-2000

	Estatísticas	Lagartas pequenas				Lagartas médias				Lagartas grandes				Total de lagartas			
		Sup	Méd	Inf	Tot	Sup	Méd	Inf	Tot	Sup	Med	Inf	Tot	Sup	Med	Inf	Tot
CAMPO I	SOMA	644	470	146	1260	813	297	40	1150	869	104	10	983	2326	871	196	3393
	MÉDIA	46,0	33,6	10,4	90,0	58,1	21,2	2,9	82,1	62,0	7,4	0,7	70,2	166,1	62,2	14,0	242,4
	%MÉDIA	51,1	37,3	11,6	100	70,7	25,8	3,5	100	88,4	10,6	1,0	100	68,6	25,7	5,8	100
	DP	63,8	35,7	7,6	99,4	101,0	28,9	5,1	129,8	108,0	11,9	1,4	119,3	236,2	61,0	11,9	292,7
	CV	138,7	106,4	73,3	110,5	174,0	136,1	178,9	158,1	173,9	159,8	201,2	170,0	142,2	98,1	85,2	120,8
	EP	17,1	9,5	2,0	26,6	27,0	7,7	1,4	34,7	28,9	3,2	0,4	31,9	63,1	16,3	3,2	78,2
CAMPO II	SOMA	584	497	156	1237	820	226	32	1078	948	150	29	1127	2352	873	217	3442
	MÉDIA	41,7	35,5	11,1	88,3	58,5	16,1	2,3	77	68,0	10,7	2,1	80,5	168	62,4	15,5	245,9
	%MÉDIA	47,2	40,2	12,6	100	76,1	21,0	3,0	100	84,1	13,3	2,6	100	68,3	25,4	6,3	100
	DP	57,2	35,3	10,2	97,4	106,5	22,9	5,0	127,1	105,0	18,0	4,4	115,3	233,8	56,7	15,1	282,4
	CV	137,1	99,5	91,3	110,2	181,8	141,8	220,6	165,1	155,1	167,6	211,4	143,3	139,2	91,0	97,7	114,8
	EP	15,3	9,4	2,7	26,0	28,5	6,1	1,3	34,0	28,1	4,8	1,2	30,8	62,5	15,2	4,0	75,5
CAMPO III	SOMA	564	297	121	982	552	146	24	722	716	58	2	777	1832	501	147	2480
	MÉDIA	40,3	21,2	8,6	70,1	39,4	10,4	1,7	51,5	51,1	4,1	0,1	55,5	130,9	35,8	10,5	177,1
	%MÉDIA	57,4	30,2	12,3	100	76,5	20,2	3,3	100	92,1	7,5	0,3	100	73,9	20,2	5,9	100
	DP	56,8	21,3	10,1	80,8	62,2	14,5	3,7	75,9	87,6	7,0	0,4	94,5	175,6	31,6	11,2	203,4
	CV	141,0	100,6	116,7	115,2	157,8	139,3	218,1	147,1	171,3	169,7	259,4	170,3	134,2	88,4	106,5	114,8
	EP	15,2	5,7	2,7	21,6	16,6	3,9	1,0	20,3	23,4	1,9	0,1	25,3	46,9	8,5	3,0	54,4

% MÉDIA = Porcentagem da média, DP = Desvio-padrão, CV = Coeficiente de variação, EP = Erro-padrão da média.

campos, denominados reboleiras. Isto ocorre pois, segundo Fernandes (2003), a distribuição espacial de lagartas dessa espécie na cultura do algodão é tipo agregada em todos os estádios de desenvolvimento, o que leva a agrupamento de indivíduos na área. Dessa forma, deve-se admitir que a intensidade do ataque atinge elevadas proporções nessas reboleiras da cultura mesmo quando o tamanho da população está abaixo do nível de controle adotado regularmente nas áreas conduzidas sob condições de MIP.

Com relação à distribuição vertical das lagartas de *A. argillacea* na cultura, os dados indicam uma preferência pelo terço superior das plantas, vindo a seguir os terços médios e inferior, respectivamente. No entanto, essa preferência pelas partes superiores da planta torna-se mais acentuada à medida que as lagartas se desenvolvem pois, como pode ser percebido pelos dados obtidos em campo (Tabela 1), as lagartas pequenas foram mais encontradas no terço inferior das plantas, enquanto as lagartas médias no terço médio e as grandes no terço superior.

No Campo I, por exemplo, 51,1% das lagartas pequenas encontradas durante o período de avaliação foram detectadas no terço superior das plantas, enquanto 37,3% localizavam-se no terço médio e 11,6% no terço inferior (Tabela 1). Observando, na mesma tabela, o total de lagartas médias encontradas, nota-se que uma percentagem maior, 70,7%, estava localizada no terço superior, enquanto 25,8% localizavam-se no terço médio, e outros 3,5% estavam presentes no terço inferior das plantas. Quando se examinam os números das lagartas grandes presentes em cada terço das plantas de algodão, fica claro que a quase

totalidade dessas lagartas apresenta preferência pelas partes superiores das plantas, uma vez que 88,4% desses indivíduos foram encontrados no terço superior, 10,6% no terço médio e apenas 1,0% no terço inferior. Ao avaliar o número total de lagartas encontradas, ou seja, o somatório de lagartas pequenas, médias e grandes, confirma-se essa tendência da disposição dos indivíduos no terço superior das plantas (68,6%), vindo a seguir o terço médio com 25,7% e, finalmente, o terço inferior com 5,8% de todas as lagartas encontradas (Tabela 1).

No Campo II (Tabela 1) é possível perceber, em relação ao Campo I, um maior equilíbrio na distribuição vertical das lagartas pequenas, pois, do total de 1.237 dessas lagartas encontradas nesse campo durante o período de avaliação, 47,2% estavam no terço superior e 40,2% no terço médio, enquanto 12,6% no terço mais baixo da planta. No que se refere às lagartas de tamanho médio, fica claro uma preferência mais acentuada pelo terço superior das plantas que apresentou 76,1% das 1.078 lagartas encontradas. Desse total, 21% foram localizadas no terço médio e apenas 3% no terço inferior das plantas da cultura. Porém, lagartas grandes demonstraram ainda maior preferência pela parte superior das plantas, haja vista que nessa parte das plantas amostradas foram encontradas 84,1% dessas lagartas, enquanto que nos terços médio e inferior encontraram-se 13,3 e 2,6%, respectivamente, do total de 1.127 lagartas grandes encontradas nesse campo. Analisando o total de lagartas encontradas nessa área amostral, percebe-se que 68,3% dos indivíduos encontrados estavam localizados na parte

**Tabela 2.** Tabela de contingência de tamanho de lagartas de *A. argillacea* e sua posição nas plantas de algodoeiro, onde a frequência é o número de lagartas e o critério de estratificação e campo. Ponta Porã, MS, 1999-2000

Frequências	Posição	Lagartas pequenas	Lagartas médias	Lagartas grandes	Total
Absolutas	Inferior	41	96	423	560
	Média	312	669	1264	2245
	Superior	2533	2185	1792	6510
	Total	2886	2950	3479	9315
Relativas por linha (expressas em porcentagem)	Inferior	7,32	17,14	75,54	100,00
	Média	13,90	29,80	56,30	100,00
	Superior	38,91	33,56	27,53	100,00
	Total	30,98	31,67	37,35	100,00
Relativas por coluna (expressas em por- centagem)	Inferior	1,42	3,25	12,16	6,01
	Média	10,81	22,68	36,33	24,10
	Superior	87,77	74,08	51,51	69,89
	Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Relativas pelo total (expressas em porcentagem)	Inferior	0,44	1,03	4,54	6,01
	Média	3,35	7,18	13,57	24,10
	Superior	27,19	23,46	19,24	69,89
	Total	30,98	31,67	37,35	100,00

mais superior das plantas, 25,4% na região intermediária e apenas 6,3% na parte mais inferior.

Os números encontrados para o Campo III (Tabela 1) mantêm a relação observada nas demais áreas amostrais, pois 564 lagartas pequenas, ou 57,4% do total dessas lagartas encontradas nessa área, foram observadas no terço superior das plantas. Por outro lado, 552 lagartas médias, que representam 76,5% do total dessas lagartas, e 716 lagartas grandes, ou 92,1% dessas lagartas, também foram encontradas no terço superior das plantas amostradas. A percentagem de lagartas encontradas no terço médio foi de 30,2% para lagartas pequenas, 20,2% para lagartas médias e 7,5% para lagartas grandes. Diferença mais drástica, ainda, foi observada para a percentagem de lagartas no terço inferior, já que 12,3% das lagartas pequenas, 3,3% das lagartas médias e 0,3% das lagartas grandes foram encontradas nessa parte das plantas.

Considerando os três campos estudados pode-se afirmar que 70,2% de todas as lagartas encontradas ficaram localizadas no terço superior das plantas, 23,8% estavam na parte mediana das plantas enquanto que as demais (6%) localizavam-se no baixeiro, numa análise em que os insetos não foram discriminados pelo tamanho. Essa relação entre o número total de lagartas observadas em cada terço da planta manteve inalterada durante, praticamente, todo o ciclo da cultura. A representação dos valores dos logaritmos do total de lagartas obtidos no Campo I, Campo II e Campo III (Figura 1) indicam a relação existente entre o número total de lagartas (pequenas, médias e grandes) encontradas em cada campo durante as catorze amostragens realizadas. Percebe-se que, realmente, o número de lagartas encontradas no terço superior das plantas do algodoeiro supera o total de lagartas do terço mediano que, por sua vez, supera o total de lagartas do terço inferior.

Para analisar a relação entre o tamanho das lagartas e sua distribuição vertical, realizou-se um estudo para comparar a hipótese de independência entre tamanho do inseto e a sua posição na planta. Esse estudo foi efetuado através da análise de tabela de contingência (Tabela 2), usando como critério de estratificação as estatísticas de Cochran-Mantel-Haenszel, para estudar a relação entre

tamanho e posição das lagartas. A hipótese nula é: a posição e o tamanho são independentes. No entanto, a hipótese nula foi descartada ( $p < 0,0001$ ), pois dependendo do tamanho das lagartas ocorre variação na frequência entre as posições das plantas (Tabela 3). Através desta análise pode-se perceber que as lagartas grandes estão em maior frequência na parte superior, enquanto as medianas estão na parte superior e média e as lagartas pequenas estão na parte média e inferior, ainda que a quantidade absoluta na parte inferior seja muito baixa.

De acordo com os dados obtidos neste trabalho a respeito da distribuição vertical de lagartas de *A. argillacea* na cultura do algodoeiro, é possível afirmar que há maior preferência das lagartas pelo terço superior das plantas para utilização como sítio de alimentação, independentemente do seu estágio de desenvolvimento, concordando com o que é afirmado genericamente por Gallo *et al.* (2002). No entanto, pode-se perceber que essa preferência é mais intensa à medida que a lagarta se desenvolve, pois um maior percentual das lagartas grandes é encontrado no terço superior das plantas, vindo a seguir o terço médio e, finalmente, o terço inferior.

Estudo feito por Fernandes (2002) mostrou que as mariposas de *A. argillacea* têm preferência para ovipositar no terço superior das plantas, enquanto Koogan & Cope (1974) afirmam que lagartas de primeiros instares são muito seletivas no que se refere à sua alimentação, preferindo as partes da planta com menor proporção de fibras, portanto com um maior teor de água, explicando a maior densidade de lagartas pequenas no terço superior das plantas, onde se encontram folhas mais tenras e menos fibrosas do que aquelas desenvolvidas nos terços médio e inferior das plantas. No presente trabalho o maior número de lagartas pequenas foi encontrado no terço superior das plantas (644), vindo a seguir o terço médio (470). Em contrapartida, a maior incidência de lagartas encontradas no terço inferior das plantas amostradas foi de lagartas pequenas (146), sendo bem maior que o número de lagartas médias (40) e grandes (10) observadas nesse terço das plantas, o que provavelmente ocorre em função do fato de lagartas pequenas encontrarem menor

**Tabela 3.** Estatísticas corrigidas para efeito de estrato a partir da tabela de contingência

Estatística	Valor	GI	w
Qui-quadrado de Pearson	1094,65	4	< 0,0001
Qui-quadrado MV-G2	1130,11	4	< 0,0001
Coef. Conting. Cramer	0,20	—	—
Coef. Conting. Pearson	0,32	—	—
Prova de Cochran-Mantel-Haenszel	1103,73	4	< 0,0001

competição intra-específica e, conseqüentemente, maior quantidade de alimento disponível, além de estarem mais protegidas contra intempéries climáticas e inimigos naturais, pois é possível que ocorra maior predação e parasitismo de lagartas pequenas na região superior das plantas, o que proporcionaria maior número dessas lagartas nas regiões medianas e inferiores. Já as lagartas médias e, principalmente, grandes foram encontradas em maior proporção no terço superior das plantas, sugerindo que à medida que essas se desenvolvem há uma tendência para o seu deslocamento para as partes superiores das plantas provavelmente em função de encontrarem nas folhas mais novas das plantas alimento com melhor qualidade nutricional.

Nesse sentido, Panizzi & Parra (1991) sugerem que muitos aspectos da biologia dos insetos, incluindo seu comportamento, fisiologia e ecologia, estão de uma ou outra maneira inseridos dentro de um contexto nutricional. Levando-se em consideração que no terço superior das plantas são encontradas as folhas mais novas, portanto as folhas mais tenras e com maior concentração de nutrientes essenciais como aminoácidos, vitaminas e sais minerais e não essenciais como carboidratos, lipídeos e esteróis, o fato de que as lagartas migram para o terço superior à medida que se desenvolvem pode estar diretamente relacionado à questão da alimentação, pois, os mesmos autores afirmam que em cada processo de ecdise dos insetos há um alto custo energético sendo que o conteúdo calórico e nutricional da cutícula, que é descartada nesse processo de metamorfose, pode representar 20% da produção total da biomassa larval, o que faz com que as lagartas procurem os sítios adequados de alimentação que propiciem condições satisfatórias de nutrição, para que haja, assim, um conseqüente ganho de biomassa larval. Nesse mesmo sentido, Hiratsuka (1920) cita que alguns insetos holometábolos, ou seja, insetos que na sua fase jovem possuem forma de larva, podem gastar até 30% de energia de sua biomassa para formarem seus casulos.

Conforme citado por diversos autores, entre eles, Waldbauer (1968) e Carvalho & Parra (1983), lagartas como as de *A. argillacea* consomem durante o último instar cerca de 80% do que é consumido em toda sua vida. Nessa fase, o aproveitamento do alimento, ou seja, a sua digestibilidade alimentar, é bem maior que nos primeiros instares, havendo assim um maior equilíbrio entre a quantidade e a qualidade do alimento ingerido, fazendo com que, conseqüentemente, ocorra a formação de um adulto que seja reprodutivamente competitivo, atingindo boas características de tamanho, por exemplo, o qual pode influenciar o sucesso da cópula, a fecundidade e a sua capacidade de dispersão.

Dessa forma, podemos afirmar que o fato da distribuição vertical de lagartas de *A. argillacea* apresentar maior incidência no terço superior durante toda sua fase de desenvolvimento, pode estar realmente ligada à questão da alimentação, não somente no que diz respeito a maior concentração de nutrientes essenciais e não essenciais nas folhas mais novas do ponteiro das plantas do algodoeiro, mas também a concentração de semioquímicos e aleloquímicos que, segundo Panizzi & Parra (1991), também podem influenciar diretamente o comportamento de todos os estágios de desenvolvimento da praga quanto à sua distribuição intraplanta, desde a oviposição dos adultos até a alimentação das lagartas e formação das pupas. Nessa mesma linha de raciocínio, Azevedo *et al.* (2002) salienta que plantas de algodão contendo altos teores de gossipol podem causar deterrência alimentar em lagartas, enquanto que Cass *et al.* (2004) afirma que o excesso enantiomérico de gossipol em algodoeiro está relacionado com as espécies de *Gossypium* consideradas, com as diferentes cultivares de uma mesma espécie, e até mesmo entre diferentes partes da planta, o que pode confirmar que a concentração de gossipol que é um aleloquímico, na planta, pode ser levado em consideração entre outros fatores como relevante no que se refere à distribuição vertical de lagartas de *A. argillacea* em plantas de algodoeiro.

### Referências bibliográficas

- Almeida, RP; Silva, CAD. 1999. Manejo integrado de pragas do algodoeiro. In Beltrão, NEM ed. O agronegócio do algodão no Brasil. Embrapa/Algodão. Brasília, BR, Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia 2:753-820.
- Azevedo, FR; Mattos, KO; Vieira, FV. 2002. Comportamento alimentar de *Alabama argillacea* Hübner (Lep.: Noctuidae) em algodoeiro. Ciência Agrônômica 33(1):5-9.
- Botrell, DG. 1983. The ecological basis of boll weevil (*Anthonomus grandis*) management. Agriculture, Ecosystems and Environment 10:247-274.
- Busoli, AC. 1991. Práticas culturais, reguladores de crescimento, controle químico e feromônios no Manejo Integrado de Pragas do algodoeiro. In Degrande, PE. ed. Bicudo do algodoeiro: Manejo Integrado. Dourados, BR, UFMS/EMBRAPA-UEPAE Dourados. p. 29-52.
- Carvalho, SM; Parra, JRP. 1983. Biologia e nutrição quantitativa de *Alabama argillacea* (Hübner, 1818) (Lepidoptera, Noctuidae) em três cultivares de algodoeiro. Congresso Brasileiro de Entomologia (7, Brasília, DF, 1983). Resumos. p.78.
- Cass, QB; Oliveira, RV; Carvalho, LP; Freire, EC. 2004. Determinação dos excessos enantioméricos de gossipol em sementes de algodoeiros (em línea). Acessado em 29 oct. 2004. Disponível em <http://www.sbg.org.br/ranteriores/23/resumos/1109/>.
- Degrande, PE. 1998. Manejo integrado de pragas do algodoeiro. In Algodão: informações técnicas. Dourados, BR, EMBRAPA-CPAO. p. 154-191. (Circular Técnica no. 7).
- Fernandes, MG. 2002. Distribuição espacial e amostragem seqüencial dos principais noctuídeos do algodoeiro (*Gossypium hirsutum*

- L.). Tese Doutorado em Entomologia Agrícola. Jaboticabal, BR, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Universidade Estadual Paulista. 140 p.
- Fernandes, MG. 1998. Ocorrência estacional e distribuição vertical de *Alabama argillacea* (Lep.: Noctuidae) (Hübner, 1818) e *Heliothis virescens* (Lep.: Noctuidae) em *Gossypium hirsutum* L., cultivar CNPA ITA-90, e parasitismo natural por *Trichogramma* spp., na região de Dourados, MS. Dissertação Mestrado em Entomologia Agrícola. Jaboticabal, BR, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal/Universidade Estadual Paulista. 120 p.
- Fernandes, MG; Busoli, AC; Degrande, PE. 1999. Parasitismo natural de ovos de *Alabama argillacea* Hüb. e *Heliothis virescens* Fab. (Lep.: Noctuidae) por *Trichogramma pretiosum* Riley (Hym.: Trichogrammatidae) em algodoeiros no Mato Grosso do Sul. An. Soc. Entomol. Brasil 28(4):695-701.
- Fernandes, MG; Busoli, AC; Barbosa, JC. 2003. Distribuição espacial de *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) em algodoeiro. Neotropical Entomology 32(1):107-115.
- Gallo, D; Nakano, O; Silveira Neto, S; Carvalho, RPL; Baptista, GC; Berti Filho, E; Parra, JRP; Zucchi, RA; Alves, SB; Vendramim, JD; Marchini, LC; Lopes, JRS; Omoto, C. 2002. Entomologia agrícola. Piracicaba, BR, FEALQ. 920 p.
- Heilman, MD; Namken, LN; Summy, KR. 1986. Sistema de produção de algodões de ciclo curto para áreas infestadas pelo bicudo. In Barbosa, S; Lukefahr, MJ, Braga Sobrinho, RO. eds. Bicudo do Algodoeiro. Brasília, BR, EMBRAPA-DDT. p. 253-274.
- Hiratsuka, E. 1920. Researches on the nutrition of the silk worm. Bull. Seric. Exp. Sta. 1:257-315.
- Jin, T; Cunha, HF; Prado, PC; Silva, AL. 1978. Comportamento alimentar da lagarta das maçãs do algodoeiro (*Heliothis virescens* Fabr., 1781) em relação aos diversos órgãos e regiões topográficas da planta. EMGOPA. 7 p. (Comunicado Técnico no. 12).
- Koogan, M; Cope, D. 1974. Feeding and nutrition associated with soybeans. Ann. Entomol. Soc. Am. 67: 66-72.
- Luttrell, RG; Fitt, GP; Ramalho, FS; Sugonyaev, ES. 1994. Cotton pest management: Part 1. A worldwide perspective. Annu. Rev. Entomol. 39: 517-26.
- Mariconi, FAM. 1976. Inseticidas e seu emprego no combate às pragas. São Paulo, BR, Ed. Nobel. 466 p.
- Panizzi, AR; Parra, JRP. 1991. Introdução à ecologia nutricional de insetos. In Panizzi, AR; Parra, JRP. ed. Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo integrado de pragas. p. 1-7.
- Ramalho, FS. 1994. Cotton pest management: Part 4. A Brazilian Perspective. Annu. Rev. Entomol. 39: 563-78.
- Waldbauer, GP. 1968. The consumption and utilization of food by insects. Adv. Insect Physiol. 5: 229-288.

# Manejo integrado de *Hypothenemus hampei* bajo dos modelos de capacitación y difusión en México

Ramón Jarquín-Gálvez<sup>1</sup>  
Juan F. Barrera<sup>2</sup>  
Luis García-Barrios<sup>2</sup>  
Falguni Guharay<sup>3</sup>  
Leobardo Jiménez-Sánchez<sup>4</sup>

**RESUMEN.** La búsqueda de modelos alternativos de capacitación y difusión para productores alrededor del tema de manejo integrado de plagas se encuentra en las agendas de centros de investigación e instituciones de educación superior. Este estudio comparó dos modelos de capacitación y difusión del manejo integrado de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari), conocidos como *modelo institucional* y *modelo participativo*, con respecto a su impacto sobre la infestación de la plaga, los costos de ejecución de cada modelo y los conocimientos adquiridos por los productores. El modelo institucional se caracterizó porque las decisiones fueron tomadas por el personal técnico, mientras que en el modelo participativo fueron tomadas con el acuerdo de los productores. El estudio se realizó de 1998 a 2001 en parcelas con manejo integrado de la broca (MIB) y sin él, con participación de productores de café de Chiapas, México. Las tácticas que integraron el MIB fueron control manual (recolección de frutos perforados) y biológico (*Beauveria bassiana* y *Cephalonomia stephanoderis*). Los resultados indicaron que, independientemente del modelo de capacitación y difusión utilizado, la infestación de la plaga fue significativamente menor en las parcelas con MIB que en las parcelas sin MIB, aunque esta diferencia se observó a partir del segundo año. El costo de los modelos fue similar al final del estudio; sin embargo, al inicio la ejecución del modelo participativo fue más costosa. Los conocimientos de los productores sobre el MIB y la difusión del MIB a nivel intra y extra familiar se incrementaron significativamente bajo el modelo participativo. Los bajos precios internacionales del café (<US\$ 1,20 el kilogramo del café pergamino) durante 2000 y 2001 limitaron la capacidad financiera del productor para implementar el MIB.

**Palabras clave:** broca del café, manejo integrado de plagas, control biológico, café, investigación participativa.

**ABSTRACT.** *Integrated pest management of Hypothenemus hampei under two training and extension models in Mexico.* The quest for alternative training and extension models on integrated pest management for farmers is on the agenda of research institutions and universities. We compared two training and extension models of integrated management of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Ferrari), known as *Institutional* and *Participatory Models*, and their impact on borer infestation, implementation costs and knowledge acquired by farmers. The institutional model involved decision-making by the technical staff whilst in the participative model decision-making was done in agreement with farmers. The study was conducted from 1998 to 2001 in coffee plots with and without integrated management of *H. hampei* belonging to smallholder farmers of Chiapas, Mexico. *H. hampei* management was integrated with cultural control (collection of remaining berries after harvest) and biological control (*Beauveria bassiana* and *Cephalonomia stephanoderis*). Results showed that, regardless of the training and extension model used, *H. hampei* infestation was significantly lower in plots with *H. hampei* management than without, although the difference was observed only in the second year. Both models had similar costs at the end of the study; however, the participative model was more expensive at the beginning. Farmers' knowledge of *H. hampei* management and extension at the intra and inter family level increased significantly when the participatory model was implemented. The farmers' capacity to implement *H. hampei* management was considerably reduced by low international coffee prices (<US\$ 1.20 per kilogram of parchment coffee) during 2000 and 2001.

**Keywords:** coffee berry borer, integrated pest management, biological control, coffee, farmer participatory research.

<sup>1</sup> El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Departamento de Entomología Tropical. Apartado Postal # 36, Tapachula 30700, Chiapas, México. rjarquin@tap-ecosur.edu.mx

<sup>2</sup> El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Departamento de Entomología Tropical y Departamento de Agroecología, respectivamente. Apartado Postal # 63, San Cristóbal las Casas, 29290, Chiapas, México.

<sup>3</sup> Durante la investigación el autor laboraba para el CATIE, Apartado Postal P-116 Managua, Nicaragua. Su dirección actual es Consultoría para la Comunicación en el Campo, Managua, Nicaragua. fguharay@gmail.com

<sup>4</sup> Colegio de Postgraduados, Instituto de Socioeconomía, Estadística e Informática. Montecillo Estado de México 56180, México.



## Introducción

La broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytidae), es la plaga más importante del café a nivel mundial (Dufour et ál. 1999). En México, este insecto ha estado presente desde 1978 y actualmente se distribuye en alrededor de 75% de la superficie cafetalera (Ramírez y Reyes 2000). Entre las tácticas principales que componen el manejo integrado de la broca (MIB) en México se pueden citar el muestreo de la infestación, la recolección de frutos infestados o control manual, y el control biológico con el parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Hymenoptera: Bethyridae) y el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Ceja 2000). Sin embargo, el MIB casi no es utilizado por los cafeticultores mexicanos. El Consejo Mexicano del Café (2000) señala que menos del 6% de los cafeticultores de Chiapas practican el MIB, mientras que solo 1,5% utilizan el control biológico. Son muchas las causas que pueden impedir que los agricultores implementen el manejo integrado de plagas (MIP) (Morse y Buhler 1997). Un factor determinante es el enfoque utilizado para relacionar a los agricultores con el MIP (CATIE 1998, Mata 2000). Para fomentar la participación de los agricultores se han propuesto enfoques distintos de transferencia del MIP (Braun et ál. 2000). Partiendo de la hipótesis de que el modelo utilizado para capacitar y difundir el MIB determina su uso por los agricultores, la presente investigación tuvo el objetivo de evaluarlo desde el punto de vista técnico, económico y de conocimientos adquiridos por los productores bajo dos modelos de capacitación y difusión con productores de café del sudeste de Chiapas, México.

## Materiales y métodos

### Selección de los cafetales y productores

Este estudio se realizó de enero de 1998 a abril del 2001 con pequeños productores de café de los municipios de Cacahoatán, Motozintla y Tapachula, Estado de Chiapas, México. Utilizando un diagnóstico realizado en 1998, se seleccionaron ocho cafetales con más de 5% de infestación y características similares de edad de la plantación, variedades, árboles de sombra, manejo agronómico y rendimiento. Los cafetales pertenecieron a ocho productores (dos por comunidad) ubicados en las comunidades Mixcúm, Santa Rosalía, Piedra Partida y Tiro Seguro. Además de estos ocho productores, se involucró a otras personas de las comunidades mencionadas en diferentes momentos del estudio a través de asambleas, encuestas y actividades de campo.

### Modelos de capacitación y difusión

Los modelos de capacitación y difusión del MIB evaluados en esta investigación se denominaron *institucional* y *participativo*. Cada uno de estos modelos se estableció en dos de las comunidades seleccionadas de manera arbitraria. La responsabilidad de la ejecución de cada modelo estuvo a cargo de un técnico diferente, aunque ambos recibieron el mismo entrenamiento en aspectos del MIB. En el *modelo institucional* se siguieron las condiciones de trabajo de la mayoría de las agencias gubernamentales (Anónimo 1998), estableciendo una relación vertical entre productores y el técnico, donde las decisiones fueron tomadas por éste último. La participación de los productores se limitó a acompañar a los técnicos durante las actividades en las parcelas de trabajo y en difundir los resultados al interior de sus comunidades, y se promovió a través de incentivos materiales (v. gr., regalo de playeras, calendarios, etc.). Las actividades y los resultados se dieron a conocer a través de asambleas, distribución de folletos e invitación a los productores a recorridos de campo dos veces por año. Las sesiones de trabajo y análisis de resultados se llevaron a cabo en salones de clases convencionales y en parcelas demostrativas siguiendo una programación predefinida por el técnico. Este modelo se aplicó en Mixcúm y Santa Rosalía. El *modelo participativo* consistió en establecer una relación horizontal entre los productores y el técnico, es decir, las decisiones se tomaron en grupo. El técnico facilitó los procesos para que los productores pasaran de un nivel de participación "pasivo" a uno "interactivo" (Pretty 1995), involucrándolos en la selección y establecimiento de las parcelas de trabajo, en la toma de datos, y en el análisis y difusión de los resultados. Se aplicaron técnicas participativas como trabajos conjuntos en campo, análisis de la información en grupos, talleres de reflexión y asambleas comunitarias. Las sesiones de trabajo y análisis de resultados se hicieron en las parcelas de trabajo siguiendo un calendario definido en función de las necesidades e inquietudes de los productores. Este modelo se aplicó en Piedra Partida y Tiro Seguro.

### Establecimiento de las parcelas experimentales

En las comunidades seleccionadas se establecieron parcelas de trabajo o unidades experimentales con las actividades MIB y sin ellas. En cada cafetal seleccionado se delimitó una hectárea, asignando al azar una mitad como testigo (sin MIB) y la otra con MIB. El experimento estuvo constituido por 16 unidades experimentales, ocho sin MIB y ocho con MIB. Se condujeron cuatro parcelas sin MIB y cuatro con MIB para cada modelo de capacitación y difusión. El manejo agronómico fue el mismo para todas las parcelas.

### Actividades del MIB

Las actividades que integraron la estrategia MIB fueron muestreo, control manual y control biológico. Las actividades se realizaron gradualmente, iniciando con muestreo y prosiguiendo con control manual, la táctica más conocida por los productores. El muestreo de la infestación de la broca se realizó durante el período inter cosecha (abril de 2000 y 2001) y el período productivo (mayo a agosto de 1999-2001), con el objetivo de evaluar el efecto de las actividades MIB. El control manual se realizó mediante recolecciones de frutos perforados por broca en la primera semana de junio de 1999 y 2000. Las recolecciones consistieron en retirar la totalidad de los frutos perforados en sitios de muestreo previamente definidos en cada unidad experimental. El control biológico con *B. bassiana* se llevó a cabo en 1999 y 2000. En 1999 se utilizó una cepa producida en El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), y en el 2000 otra de un laboratorio privado. La calidad de ambos productos se determinó antes de su uso, obteniéndose una concentración de  $1,5 \times 10^9$  conidios  $g^{-1}$ , pH de 6,6, viabilidad y pureza de 90%. Se observó que no había presencia natural del hongo antes de aplicar los productos. La aspersión del hongo en ambos años se llevó a cabo en junio, tres meses después de la floración principal del café y justo cuando la broca inicia la infestación de los frutos (De la Rosa y Barrera 1997). El hongo se aplicó con una aspersora manual de mochila de 15 L de capacidad a razón  $600 g ha^{-1}$  y 1,0 cc de Agral Plus® por litro de agua como adherente, entre 6 y 7 AM. Las aspersiones de 1999 se hicieron en la totalidad de cada unidad experimental MIB, y en el 2000 se limitaron a los sitios o "focos" de mayor infestación localizados a través de muestreos, ya que en ninguna de las parcelas con MIB la infestación de la plaga alcanzó los umbrales económicos (Barrera et ál. 1993). En las comunidades bajo el modelo institucional, la solución de *B. bassiana* fue preparada y asperjada por el técnico con la presencia de los productores, y en el modelo participativo estas actividades las realizaron los productores con supervisión del técnico. El control biológico con *C. stephanoderis* se realizó en 2000 y 2001. En 2000 se usaron ejemplares adquiridos de una cría rural privada. En 2001, los productores de las cuatro comunidades fueron capacitados en la cría y manejo de *C. stephanoderis* en condiciones rurales (Barrera et ál. 1992). En total, se liberaron 32.600 y 3700 parasitoides adultos en las unidades experimentales con MIB durante el primer trimestre de 2000 y 2001, respectivamente. En el segundo año se liberaron menos parasitoides porque se utilizó la cantidad producida por los productores en sus comunidades. Las liberaciones se realizaron de 9 a 11

AM y fueron dirigidas a los sitios de mayor infestación identificados con los muestreos. La ausencia del parasitoide antes de la liberación se confirmó a través de muestreos.

### Efecto del MIB sobre la infestación de la broca

En cada unidad experimental se establecieron al azar 10 sitios permanentes para muestrear la infestación de la broca. Cada sitio consistió de cinco plantas de café contiguas y ubicadas en línea recta (50 plantas por unidad experimental). Las plantas fueron marcadas para su identificación posterior. La infestación se determinó en la inter cosecha y período productivo. En la inter cosecha, se muestrearon los frutos residuales (caídos al suelo y adheridos a plantas) en abril de 2000 y 2001. Los frutos caídos en el suelo se muestrearon con un cuadro de madera ( $0,09 m^2$ ) que se tiró una vez hacia cada punto cardinal en la zona de goteo de las cinco plantas de cada sitio de muestreo, y se contó el número de frutos perforados y no perforados en su interior (Jarquín et ál. 1999). La infestación en los frutos perforados adheridos a las plantas se determinó cortando todos los frutos de cada sitio de muestreo y cuantificando los infestados por broca. Los porcentajes de infestación por unidad experimental y por año se analizaron por medio de análisis de varianza (ANOVA) anidado de tres factores con dos niveles ( $2 \times 2 \times 2$ ) con el programa Statistica (StatSoft 2003). El factor A fueron los modelos de capacitación y difusión (modelos institucional y participativo); el factor B fueron los años de estudio (2000 y 2001), y el factor C fue la aplicación del MIB (parcelas con MIB y sin él), anidado dentro del factor A. Los porcentajes de frutos infestados en el suelo fueron transformados con arcoseno  $\sqrt{x}$ , y los porcentajes de frutos infestados en las plantas no requirieron transformación. Durante el período productivo se llevaron a cabo muestreos mensuales de la infestación de mayo a agosto de 1999 a 2001. En cada una de las cinco plantas por sitio de muestreo se tomó al azar una rama plagiotrópica de la parte central y, de ésta, se observaron 20 frutos al azar para registrar el número de frutos perforados y no perforados. Los porcentajes de infestación por unidad experimental se analizaron con un ANOVA anidado de tres factores con dos niveles ( $2 \times 2 \times 2$ ). El factor A fueron los modelos de capacitación y difusión, el factor B los años de estudio (1999, 2000 y 2001) y el factor C la aplicación del MIB, anidado en el factor A. Se aplicó una transformación de rangos a los porcentajes de frutos infestados para que cumplieran los supuestos de homocedasticidad y normalidad antes del ANOVA (Potvin y Roff 1993). El efecto del control manual se evaluó estimando los porcentajes de infestación antes (mayo) y después (julio) de la recolección de frutos residuales realizada en junio

de 1999 y 2000. Los datos se analizaron con un ANOVA anidado de tres factores con dos niveles ( $2 \times 2 \times 2$ ), donde el factor A fueron los modelos de capacitación y difusión, el factor B el momento de realizarse el muestreo (antes o después de la aplicación del control manual) y el factor C fue la aplicación del MIB, anidado en el factor A.

La evaluación de *B. bassiana* en 1999 y 2000 se llevó a cabo con muestreos de la infestación de la broca y de la presencia de *B. bassiana* antes de la aspersión del hongo y a los 10, 20 y 30 días siguientes. El muestreo consistió en tomar cuatro ramas plagiotrópicas (una hacia cada punto cardinal) de cada planta tratada y registrar el número de frutos totales, el número de frutos perforados por broca y el número de frutos perforados con presencia de *B. bassiana* (De la Rosa et ál. 2000). En el 2000, la infestación de la broca se registró solamente en las parcelas del modelo participativo. En 1999, los porcentajes de infestación de la broca y de frutos perforados con *B. bassiana* fueron analizados con un ANOVA anidado de dos factores ( $4 \times 2$ ), donde el factor A fue las fechas de muestreo después de la aplicación (0, 10, 20 y 30 días) y el factor B los modelos de capacitación y difusión anidados en el factor A. En el 2000, estas variables se analizaron con un ANOVA de un factor (fechas después de la aplicación). El impacto del parasitoide sobre la infestación de la broca se determinó en 2000 y 2001. Del 10 al 31 de enero de 2000, antes de las liberaciones del parasitoide, se realizaron muestreos del parasitismo disectando en laboratorio frutos residuales colectados tanto en suelo como adheridos a las plantas.

Del 19 al 26 de enero de 2001, un año después, se repitió este muestreo. En el año 2000, el parasitismo se muestreó en frutos residuales adheridos a las plantas a los 30, 60 y 90 días después de la liberación. El porcentaje de frutos con parasitoides o porcentaje de parasitismo para cada unidad experimental se analizó con un ANOVA anidado de tres factores con dos niveles ( $2 \times 2 \times 2$ ). El factor A fueron los modelos de capacitación y difusión, el factor B fue los años de muestreo (2000 y 2001) y el factor C fue la aplicación del MIB anidado en el factor A. En el 2000, se analizó el porcentaje de parasitismo con un ANOVA anidado de tres factores ( $2 \times 3 \times 2$ ). El factor A fue los modelos de capacitación y difusión, el factor B los días después de la liberación del parasitoide (30, 60 y 90 días) y el factor C la aplicación del MIB anidado en el factor A. Los datos fueron transformados mediante  $\sqrt{x}$ .

#### **Beneficio/costo y nivel de daño económico**

En 1999 y 2000 se estimaron los costos de operación. El costo del control manual se calculó con el número y costo de jornales usados (US\$ 3,0 día<sup>-1</sup>). Los costos de *B. bassiana*

(US\$ 5,0 kg<sup>-1</sup>) y *C. stephanoderis* (US\$ 0,025 insecto<sup>-1</sup>) se obtuvieron a partir de los precios de estos organismos en el mercado regional. El rendimiento de café pergamino por unidad experimental se obtuvo beneficiando el café por la vía húmeda, labor realizada por los productores. En la cosecha de 2000, los frutos del primer corte se separaron, pesaron y beneficiaron para determinar el porcentaje de café pergamino perdido por broca por unidad experimental. El beneficio bruto se obtuvo multiplicando el precio de venta del café en el mercado local (US\$ 1,27 kg<sup>-1</sup> en 1999 y US\$ 0,77 kg<sup>-1</sup> en 2000) por el rendimiento de café pergamino. Se calculó el beneficio neto restando al beneficio bruto los costos totales de operación (Calvo y Von Platen 1996). El beneficio neto (Y) y rendimiento (X) de las parcelas experimentales se sometieron a un análisis de regresión. Se realizó un análisis de beneficio/costo (Gittinger 1972) y en el 2000 se determinó el nivel de daño económico (NDE) en las cuatro parcelas con MIB de cada modelo de capacitación y difusión con la ecuación  $NDE = C/VIDRK$  (Pedigo 1994), donde  $C$  = costo del MIB (US\$ 96,52 ha<sup>-1</sup>),  $V$  = valor del café en el mercado (US\$ 0,77 kg<sup>-1</sup>),  $I$  = unidades de daño por insecto por unidad de rendimiento (0,34 según Ochoa et ál. 1989),  $D$  = pérdidas por unidad de daño (1% de infestación = 0,01 de pérdida),  $R$  = rendimiento de café pergamino esperado en ausencia de la plaga expresado en kilogramos, y  $K$  = eficiencia del control de 97% (0,97). Los porcentajes de pérdidas ocasionadas por broca en el 2000 se transformaron con arcoseno  $\sqrt{x}$ , antes de aplicar un ANOVA anidado de dos factores ( $2 \times 2$ ). El factor A fueron los modelos de capacitación y difusión y el factor B fue la aplicación del MIB, anidado en el factor A. El costo de ejecución de cada modelo se determinó en 1999 y 2000 al calcular el costo de las visitas de los técnicos y los materiales utilizados en las actividades de capacitación y difusión.

#### **Conocimientos de los productores sobre el MIB**

El nivel de conocimiento de los productores sobre el MIB se evaluó con un cuestionario estructurado de seis preguntas sobre el uso del muestreo, la recolección de frutos infestados (control manual), el uso de agentes de control biológico y la integración de tácticas. El cuestionario fue contestado de manera escrita por los productores encuestados, y se aplicó al inicio (1998) y al final (2001) de la investigación, tanto a participantes como a no participantes en el estudio que habitaban en las comunidades donde se ubicaron las parcelas experimentales. Los participantes en el estudio se separaron en dos grupos, uno formado por los propietarios (dueños) de las parcelas experimentales ( $n = 4$ ) y otro por los productores asistentes a las sesiones de capacitación

(asistentes; al inicio del estudio  $n = 61$ ; al final del modelo institucional  $n = 36$  y del modelo participativo  $n = 25$ ). Los no participantes en el estudio se agruparon en dos grupos, uno intrafamiliar, formado por las esposas y los hijos(as) mayores de los productores dueños de las parcelas experimentales ( $n = 16$ ), y el otro extrafamiliar, integrado por una muestra aleatoria de los habitantes de cada comunidad (42 en el modelo institucional y 45 en el participativo). Las respuestas escritas por los productores se analizaron con la metodología del IICA (1999), que consiste en contar el total de respuestas afirmativas y negativas para cada caso y compararlas entre los modelos de capacitación y difusión con una prueba de  $\chi^2$ . Los dueños y asistentes del modelo participativo también se evaluaron cualitativamente mediante talleres de análisis de resultados (CATIE 1998).

## Resultados

### Efecto del MIB sobre la infestación de la broca

Los porcentajes (media  $\pm S_x$ ) de frutos infestados residuales caídos al suelo en el período inter cosecha (abril) fueron estadísticamente diferentes entre los modelos (institucional:  $13,15 \pm 11,3$ ; participativo:  $17,12 \pm 1,32$ ,  $F_{1,26} = 4,79$ ,  $P = 0,0376$ ) y entre años (año 2000:  $20,12 \pm 3,5$ ; año 2001:  $10,15 \pm 8,32$ ,  $F_{1,26} = 11,70$ ,  $P = 0,0020$ ), pero no entre parcelas (con MIB:  $10,47 \pm 3,0$ ; sin MIB:  $19,8 \pm 6,7$ ,  $F_{2,26} = 1,0396$ ,  $P = 0,3678$ ). además, se presentó una interacción significativa entre parcela[modelo] \* año ( $F_{1,26} = 8,74$ ,  $P = 0,0065$ ); es decir, la infestación de las parcelas sin MIB siempre fue mayor que en las parcelas con MIB

en ambos modelos y en los dos años. En los porcentajes de frutos residuales adheridos a las plantas para el mismo período, no se encontraron diferencias estadísticas entre modelos ( $F_{1,26} = 4,04$ ,  $P = 0,054$ ), años ( $F_{1,26} = 0,144$ ,  $P = 0,070$ ) o parcelas ( $F_{2,26} = 0,770$ ,  $P = 0,473$ ); tampoco hubo interacción significativa entre modelos \* año ( $F_{1,26} = 0,575$ ,  $P = 0,455$ ). En el período productivo (Cuadro 1), de mayo a agosto de 1999, 2000 y 2001, no se encontraron diferencias significativas entre modelos ( $F_{1,40} = 1,18$ ,  $P = 0,28$ ), años ( $F_{2,40} = 2,70$ ,  $P = 0,078$ ) ni en la interacción modelo \* año ( $F_{2,40} = 0,23$ ,  $P = 0,79$ ). El porcentaje (media  $\pm S_x$ ) de frutos perforados por broca para el período 1999-2001 fue significativamente menor ( $F_{2,40} = 4,82$ ,  $P = 0,013$ ) en las parcelas con MIB ( $3,07 \pm 0,5$ ) que en las parcelas sin MIB ( $7,24 \pm 1,7$ ). El control manual no influyó significativamente sobre la infestación de la plaga según el porcentaje de infestación antes (mayo:  $3,50 \pm 0,50$ ) y después (julio:  $3,40 \pm 1,68$ ) de realizar esta actividad en el período productivo de 1999 ( $F_{1,26} = 0,203$ ,  $P = 0,655$ ). Al comparar la infestación de mayo y julio no se encontraron diferencias significativas al interior de ambos modelos ( $F_{1,26} = 3,936$ ,  $P = 0,057$ ). Tampoco se encontraron diferencias significativas al anidar la aplicación del MIB en los modelos en mayo o julio ( $F_{2,26} = 2,39$ ,  $P = 0,111$ ), ni hubo interacción significativa entre modelos \* momento de realización del control manual ( $F_{1,26} = 0,0001$ ,  $P = 0,997$ ).

En el período productivo del 2000 tampoco hubo diferencias estadísticas entre en el porcentaje de infestación registrada antes (mayo:  $6,20 \pm 2,50$ ) y después (julio:  $6,30$

**Cuadro 1.** Porcentaje de parasitismo ( $\pm S_x$ ) de frutos perforados muestreados en planta en el período productivo en los años 1999, 2000 y 2001

Modelo y parcela	1999	2000	2001	Promedio
<b>Institucional</b>				
Sin MIB	4,7 ( $\pm 1,8$ )	7,7 ( $\pm 2,8$ )	11,9 ( $\pm 5,6$ )	8,1 ( $\pm 0,7$ )
Con MIB	2,6 ( $\pm 0,31$ )	4,1 ( $\pm 1,5$ )	4,3 ( $\pm 2,7$ )	3,7 ( $\pm 1,5$ )
Promedio	3,7 ( $\pm 0,1$ )	5,9 ( $\pm 1,4$ )	8,1 ( $\pm 0,3$ )	5,9 ( $\pm 0,9$ )
<b>Participativo</b>				
Sin MIB	3,3 ( $\pm 0,08$ )	8,3 ( $\pm 6,2$ )	7,5 ( $\pm 0,38$ )	6,4 ( $\pm 1,3$ )
Con MIB	1,5 ( $\pm 0,07$ )	2,3 ( $\pm 1,3$ )	3,4 ( $\pm 0,32$ )	2,4 ( $\pm 0,1$ )
Promedio	2,4 ( $\pm 0,5$ )	5,3 ( $\pm 2,0$ )	5,5 ( $\pm 1,3$ )	4,4 ( $\pm 0,1$ )
<b>Ambos modelos</b>				
Sin MIB	4,0 ( $\pm 1,0$ )	8,0 ( $\pm 2,0$ )	8,0 ( $\pm 2,0$ )	7,2 ( $\pm 1,7$ )
Con MIB	2,0 ( $\pm 0,3$ )	3,2 ( $\pm 1,0$ )	3,4 ( $\pm 1,0$ )	3,1 ( $\pm 0,5$ )
Promedio	3,0 ( $\pm 0,6$ )	5,62 ( $\pm 1,2$ )	6,8 ( $\pm 1,2$ )	4,8 ( $\pm 0,6$ )

Nota: ANOVA anidado de tres factores, donde el factor A = modelos de capacitación y difusión, factor B = años de estudio (1999, 2000 y 2001) y el factor C = aplicación del MIB (parcelas sin y con MIB); anidado en el factor A. Los datos fueron transformados por Rangos (Potvin y Roff 1993).

± 3,30) de realizar el control manual ( $F_{1,26} = 0,180, P = 0,674$ ); tampoco se encontraron diferencias significativas para la interacción modelos \* momento de realización del control manual ( $F_{1,26} = 0,0034, P = 0,953$ ). Al comparar los porcentajes de frutos con presencia de *B. bassiana* entre modelos en 1999, se encontró significativamente mayor incidencia del hongo en las parcelas bajo el modelo participativo ( $39,8 \pm 9,87$ ) que en el institucional ( $6,93 \pm 1,93$ ) ( $F_{1,12} = 19,36, P = 0,0086$ ), pero al interior de cada modelo no se registraron diferencias significativas entre días después de la aplicación ( $F_{4,12} = 1,802, P = 0,1932$ ). En el año 2000, en el cual la evaluación se llevó a cabo solo en el modelo participativo, tampoco se encontraron diferencias significativas entre los porcentajes de frutos con presencia del hongo cada 10 días después de la aplicación ( $F_{3,20} = 1,802, \pm P = 0,983$ ). En 1999, no hubo diferencia significativa en el porcentaje de infestación de la broca entre modelos ( $F_{1,16} = 0,181, P = 0,67$ ), ni entre antes y después de la aplicación, ni entre días después de la aplicación en ninguno de los dos modelos ( $F_{6,16} = 0,192, P = 0,974$ ). Para el año 2000, en el cual solo se hizo la evaluación en el modelo participativo, tampoco se encontraron diferencias significativas en la infestación de la broca cada 10 días después de la aplicación del hongo ( $F_{2,6} = 0,443, P = 0,6613$ ). Los porcentajes de frutos con presencia del parasitoide *C. stephanoderis* en el año 2000 fueron diferentes significativamente entre modelos tanto en los frutos muestreados en el suelo (institucional: 0,0 y participativo:  $6,20 \pm 1,03; F_{1,12} = 27,33, P < 0,0001$ ), como en los frutos muestreados en la planta (institucional:  $5,28 \pm 1,88$  y participativo:  $11,00 \pm 1,88; F_{1,40} = 6,26, P = 0,016$ ). No se encontraron diferencias significativas en el parasitismo entre parcelas sin MIB y con MIB en frutos procedentes del suelo ( $F_{2,12} = 0,803, P = 0,470$ ), ni en aquellos muestreados en la planta ( $F_{2,40} = 1,45, P = 0,244$ ); sin embargo, se encontró parasitismo en las parcelas sin MIB, es decir, en aquellas donde los parasitoides no fueron liberados. En 2001, no se encontraron diferencias en el

parasitismo de *C. stephanoderis* en frutos recolectados en el suelo ( $F_{1,12} = 1,99, P = 0,183$ ) ni en la planta ( $F_{1,12} = 1,07, P = 0,319$ ) y tampoco se encontraron diferencias significativas en el parasitismo al anidar las parcelas sin MIB y con MIB en los modelos ( $F_{1,12} = 1,52, P = 0,256$ ). En el caso de los frutos muestreados en la planta del año 2000, el parasitismo no se incrementó de manera significativa al analizar los datos en periodos de 30 días después de la liberación ( $F_{2,40} = 2,96, P = 0,063$ ) y tampoco se encontró diferencia significativa en la interacción modelo\*días después de la liberación ( $F_{2,40} = 2,54, P = 0,091$ ).

**Beneficio/costo y nivel de daño económico**

Para 1999 la relación beneficio/costo fue de 1,36, lo cual indicó una relación de ganancia; sin embargo, para el 2000 la relación fue de pérdida (0,53), principalmente por la caída del precio internacional del café. En 1999, el costo del MIB de US\$ 21,1 representó el 19,4% del beneficio neto, mientras que en el 2000 el costo del MIB se disparó por la compra del parasitoide a US\$ 96,5 y el beneficio neto no fue suficiente para cubrirlo. El análisis de regresión aplicado a los beneficios netos y los rendimientos en 1999 y 2000 no mostró diferencia significativa entre las pendientes de las ecuaciones (1999:  $F_{3,13} = 0,74, P = 0,54$ ; 2000:  $F_{3,13} = 1,23, P = 0,335$ ), pero sí entre los intersejos (1999:  $F_{6,10} = 5,64, P = 0,015$ ; 2000:  $F_{6,10} = 392, P < 0,0001$ ), lo cual significó que el beneficio neto se incrementó siguiendo una tendencia similar en ambos modelos de capacitación y difusión, pero fue significativamente menor en las parcelas con MIB debido a los costos de operación, particularmente en el 2000. El porcentaje de pérdidas de café pergamino ocasionado por la broca en el primer corte de la cosecha del 2000 fue significativamente diferente entre los modelos (institucional:  $1,88 \pm 0,50$  y participativo:  $8,8709 \pm 3,50, F_{1,10} = 6,12, P = 0,032$ ), pero no entre las parcelas sin MIB y con MIB ( $F_{2,10} = 1,73, P = 0,225$ ). El NDE promedio para los datos de la cosecha del 2000 fue significativamente mayor en el modelo institucional (179,3

**Cuadro 2.** Costo expresado en dólares de la implementación de los modelos de capacitación y difusión del MIB en 1999 y 2000

Modelo	1999				2000				Total			
	Visitas personal técnico		Costo materiales capacitación	Costo total	Visitas personal técnico		Costo materiales capacitación	Costo total	Visitas personal técnico		Costo materiales capacitación	Costo total
	Número	Costo			Número	Costo			Número	Costo		
Institucional	16	110	78,0	188,0	48	75	200	275	64	185	278	463
Participativo	25	220	273,0	493,0	39	123	100	223	64	343	373	716

Nota: Los materiales para capacitación se refieren a lápices, marcadores, libretas y papel para rotafolios.

$\pm 68,3$  frutos perforados) que en el participativo ( $32,5 \pm 6,4$  frutos perforados), tolerándose un número mayor de frutos perforados en las parcelas del modelo institucional antes de tomar alguna medida de control. Este resultado estuvo relacionado con un menor rendimiento de café y menor ataque de broca en comparación con las parcelas del modelo participativo. El análisis económico de los modelos de capacitación y difusión indicó que el costo de ejecución del modelo participativo (US\$ 716,0) fue 1,5 veces mayor que el costo del modelo institucional (US\$ 463,0) considerando el período total de estudio (1999-2000). La diferencia del costo entre los modelos ocurrió en el primer año (1999) porque hubo más visitas del personal técnico y se requirió más material para la capacitación. Sin embargo, ambos modelos tuvieron prácticamente el mismo costo en el segundo año (2000), ya que las visitas se redujeron en el participativo y el costo de los materiales se incrementó en el institucional (Cuadro 2).

### Conocimientos de los productores sobre el MIB

Las respuestas a todas las preguntas del cuestionario por el grupo de los asistentes fueron estadísticamente similares entre los modelos institucional y participativo al inicio del estudio (1998); sin embargo, al final del estudio (2001), los asistentes del modelo participativo dieron un número significativamente mayor de respuestas positivas a cuatro de las seis preguntas del cuestionario (Cuadro 3). Las preguntas con mayor número de respuestas positivas fueron las del muestreo de broca ( $\chi^2_1 = 15,1, P = 0,001$ ), uso de control

biológico ( $\chi^2_1 = 26,5, P = 0,0001$ ), integración de control manual y biológico ( $\chi^2_1 = 23,9, P = 0,001$ ) y la realización de algún tipo de control ( $\chi^2_1 = 27,48, P < 0,001$ ). A nivel de la comunidad, después de tres años de trabajos relacionados con las prácticas MIB, se presentaron diferencias significativas en los conocimientos sobre el MIB entre los participantes de dos modelos, tanto en el ámbito intrafamiliar como en el extrafamiliar (Cuadro 3). En el primero, las esposas y los hijos(as) de los productores del modelo participativo respondieron con un número significativamente mayor de respuestas positivas en todas las preguntas del cuestionario. En el ámbito extrafamiliar se presentó la misma situación, con excepción del caso de la pregunta relacionada con el muestreo de la broca, donde no hubo diferencia significativa entre los modelos (Cuadro 4).

### Discusión

Un resultado no esperado fue la poca diferencia entre los modelos de capacitación y difusión, pues independientemente del modelo utilizado, el MIB redujo la infestación de la plaga con respecto a las parcelas sin MIB. Desde nuestro punto de vista, los logros del modelo institucional podrían explicarse, por un lado, por la dificultad de evitar la interacción del técnico responsable de este modelo con el técnico a cargo del modelo participativo y, por otro lado, por el alto nivel de confianza que el técnico del modelo institucional alcanzó entre los productores, derivado del cumplimiento de los compromisos adquiridos

**Cuadro 3.** Respuestas positivas a las preguntas del cuestionario aplicado antes (1998) y después (2001) de las acciones de los modelos de difusión y capacitación del MIB para evaluar el aprendizaje de los productores asistentes

Preguntas	1998					2001				
	Modelo institucional (n = 61)		Modelo participativo (n = 61)			Modelo institucional (n = 36)		Modelo participativo (n = 25)		
	Número	%	Número	%		Número	%	Número	%	
1. ¿Realiza muestreo?	0	0,0	0	0,0	NS <sup>1</sup>	2	5,5	11	44,0	**
2. ¿Conoce y realiza control manual?	5	8,1	2	3,2	NS	11	30,5	7	28,0	NS
3. ¿Conoce y realiza control biológico?	5	8,1	2	3,2	NS	3	8,3	18	72,0	**
4. ¿Integra control manual y biológico?	5	8,1	9	15,0	NS	14	39,0	25	100,0	*
5. ¿Conoce y realiza control químico?	7	11,4	8	13,1	NS	0	0,0	0	0,0	NS
6. ¿Realiza algún tipo de control?	39	64,0	21	35,0	NS	12	33,3	25	100,0	**

Notas: NS = no significativo; \* =  $P < 0,05$ ; \*\* =  $P < 0,001$  para las respuestas entre modelos según la prueba de  $\chi^2$ .

**Cuadro 4.** Respuestas positivas a las preguntas del cuestionario aplicado a nivel intrafamiliar (esposas e hijo mayor) y extrafamiliar (miembros de la comunidad) después de tres años (1998-2001) de realizar las acciones de los modelos de capacitación y difusión del MIB para evaluar el aprendizaje

Preguntas	Intrafamiliar				Extrafamiliar					
	Modelo institucional (n = 16)		Modelo participativo (n = 16)		Modelo institucional (n = 42)		Modelo participativo (n = 45)			
	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%		
1. ¿Realiza muestreo?	2	12,5	10	62,5	* 1	1	2,4	5	11,1	NS
2. ¿Conoce y realiza control manual?	4	25,0	16	100	*	7	16,7	27	60,0	**
3. ¿Conoce y realiza control biológico?	4	25,0	10	62,5	*	1	2,4	7	15,6	*
4. ¿Integra control manual y biológico?	4	25,0	12	75,0	*	9	21,4	34	75,6	**
5. ¿Realiza algún tipo de control?	4	25,0	16	100	*	9	21,4	34	75,6	**

Notas: NS= no significativo; \* =  $P < 0,05$  \*\* =  $P < 0,001$ , para las respuestas entre modelos de acuerdo a la prueba de  $\chi^2$ .

y del profesionalismo con el cual condujo sus actividades. Así, aunque el modelo institucional generó una relación de menor cercanía entre técnico y productores que el modelo participativo, la suma de una tecnología apropiada a las necesidades de los productores y la dedicación del técnico en su trabajo condujeron a resultados similares entre ambos modelos.

Por otro lado, no sorprende que el uso de varios métodos de control bajo una estrategia de manejo integrado haya reducido la infestación de la broca, pues coincide con resultados de otros estudios (Bustillo et ál. 1998, Guharay et ál. 2000). Sin embargo, el efecto del MIB no fue inmediato, ya que fue necesario esperar hasta el segundo año para detectar una diferencia estadística con el testigo, tal como ha sido registrado en otros trabajos (Benavides et ál. 2003). Según Morse y Buhler (1997), para no crear falsas expectativas a los productores es muy importante informarles que el impacto del MIB sobre la infestación de esta plaga puede tardar en percibirse, sobre todo si se usan agentes de control biológico más que insecticidas químicos. El control manual no resultó tan importante como se esperaba. Este resultado se podría explicar por la inmigración de la broca de parcelas vecinas sin manejo a las parcelas MIB (Benavides y Arévalo 2002). Es posible que una sola recolección de frutos no haya sido suficiente para reducir la infestación de la plaga, ya que Guharay y Monterrey (1997) indican que son necesarias al menos dos recolecciones. En el caso de *B. bassiana*, se observaron inconsistencias en su efecto sobre *H. hampei* en los dos años de evaluación, resultado que coincide con los reportes de Bustillo et ál. (1998) y De la Rosa et ál. (2000). Estas inconsistencias, según Florez et ál. (1997), podrían deberse

al tipo de formulación, el momento oportuno de la aspersión, el cubrimiento logrado de la planta y la estabilidad de la formulación en las condiciones ambientales de campo. La presencia de *C. stephanoderis* después de las liberaciones, tanto en las parcelas con MIB como sin MIB y en frutos procedentes de la planta y del suelo, refuerza la sobresaliente capacidad de adaptación y dispersión de este parasitoide (Aristizábal et ál. 1996) y sugiere que para estos estudios se incrementa la distancia entre parcelas con MIB y sin MIB. La cría rural limitó el número de parasitoides producidos y liberados, por lo que se deben impulsar procesos de más largo plazo y supervisión sobre organización interna para el trabajo colectivo y reforzar el conocimiento de los agricultores a través de educación participativa, como sugiere Price (2001). Si bien de manera individual ninguno de los métodos de control usados en este estudio demostró plenamente su eficacia, se atribuye la reducción de la infestación en las parcelas con MIB a la suma de los efectos de la recolección de frutos infestados y el uso del hongo y el parasitoide. La sinergia de métodos de control no químicos también ha sido registrada en otras plagas (Bentley y Andrews 1996). Debido a la caída del precio del café pergamino por debajo de US\$ 1,2 kg<sup>-1</sup> en 2000 y 2001 (Consejo Mexicano del Café 2001), el productor no tuvo suficientes ingresos para implementar el MIB, con lo cual se concluye que en un escenario de bajos precios la implementación del MIB no es costeaible. Tampoco las pérdidas ocasionadas por la broca en la cosecha fueron tan importantes como para justificar que los productores usaran el MIB. Otros estudios señalan que constricciones de tipo económico pueden dificultar la adopción de alguno de los componentes del MIB (Castaño 2002). Sin embargo,

no realizar el manejo de esta plaga puede conducir a un mayor deterioro del rendimiento y calidad del grano en la cosecha siguiente (Duque et ál. 2002).

Aunque los costos de operación de los modelos de capacitación y difusión al final del estudio no ofrecieron elementos suficientes para recomendar uno sobre otro, el modelo participativo logró que los productores aprendieran más sobre el MIB y también favoreció una mayor difusión del MIB a nivel familiar y extrafamiliar. El costo del modelo participativo tendió a disminuir como consecuencia de la independencia de los productores del apoyo del técnico para tomar decisiones, mientras el costo del modelo institucional tendió a incrementarse por las relaciones de dependencia entre los productores y el técnico. Los resultados muestran claramente que en la medida que los productores se involucran en procesos autogestivos propiciados por el modelo participativo, el seguimiento técnico disminuye, y por lo tanto los costos del uso del MIB se reducen. Estos resultados coinciden con trabajos realizados con productores en Nicaragua (CATIE 1998), en el sentido de que el productor adquiere mayor confianza en los técnicos y tecnologías y se involucra más rápido cuando se utilizan modelos de capacitación y difusión basados en procesos participativos. Otros trabajos mencionan que la generación y transferencia de tecnología se logra exitosamente al potenciar las capacidades de los productores y fomentar la comunicación entre agricultores y científicos (Bentley 1992, CATIE 1994). Sin embargo, la investigación participativa requiere de un esfuerzo adicional de todos los actores involucrados y debe considerarse como una herramienta que, en ciertas circunstancias, funciona para el desarrollo de nuevas tecnologías y complementa la investigación formal (Sims y Bentley 2000).

En conclusión, los resultados de este estudio muestran algunos elementos que favorecerían recomendar el uso de métodos participativos para capacitar y difundir el MIB. Sin embargo, al coincidir una visión de corto plazo del sector gubernamental con bajos ingresos de los productores, indudablemente se dificultaría la implementación del MIB bajo este enfoque. Consideramos que las ventajas que observamos del modelo participativo pueden fortalecerse con un estudio de mayor duración y con la participación de un mayor número de productores, aunque un estudio de esta magnitud conllevaría problemas asociados al escalamiento de procesos tecnológicos (costo, seguimiento y variabilidad, entre otros). No obstante los costos más altos del modelo participativo al inicio del estudio, éste brindó más rápidamente condiciones propicias para fortalecer las relaciones de confianza entre el técnico y los productores, las cuales fueron esenciales para la implementación del

MIB. Aunque este beneficio del modelo participativo fue difícil de medir, le otorga un valor agregado que lo hace recomendable. Por lo mismo, a un nivel más general, nuestro estudio muestra que el MIP puede y debe evaluarse desde una visión más amplia, en la cual converjan disciplinas de las ciencias sociales y naturales, yendo más allá de los aspectos puramente económicos.

### Agradecimientos

Se agradece a los productores por su conocimiento, paciencia y perseverancia. Agradecemos el financiamiento al proyecto MIB-OIC-CABI-PROMECAFE, al SIBEJ-CONACYT (Proyecto clave: 19980501023) y a ECOSUR, en particular al proyecto MIP, por las facilidades para realizar este estudio. Se agradece especialmente a Javier Valle por la asesoría en los análisis estadísticos.

### Literatura citada

- Anónimo, 1998. Programa de Capacitación y Extensión. Curso de inducción para el fortalecimiento de la cafecultura en el estado de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, MX, INCA-RURAL- SAG-SAGAR. p. 10-45.
- Aristizábal, LF; Orozco, J; Baker, PS. 1996. Liberación, dispersión y parasitismo de *Cephalonomia stephanoderis* en condiciones de campo. Avances Técnicos de Cenicafé 224.
- Barrera, JF; Infante, F; Gómez, J; Castillo, A; de la Rosa, W. 1992. Guía Práctica. Cría y manejo de parasitoides para el control biológico de la broca del café en comunidades rurales. Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste. Gobierno del Estado de Chiapas. Chiapas, MX, Secretaría de Desarrollo Rural y Ecología. 31 p.
- Barrera, JF; Infante, F; Gómez, J; Castillo, A; de la Rosa, W. 1993. Guía práctica. Umbrales Económicos para el control de la broca del café. Tapachula, Chiapas, MX, Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste. 49 p.
- Benavides, P; Arévalo, H. 2002. Manejo Integrado: Una estrategia para el control de la broca del café en Colombia. Cenicafé 53(1):39-48.
- Benavides, P; Bustillo, A; Cárdenas, R; Montoya, E. 2003. Análisis biológico y económico del manejo integrado de la broca del café en Colombia. Cenicafé 54(1):5-23.
- Bentley, JW. 1992. Learning about biological pest control. ILEIA Newsletter 8(4):16-17.
- Bentley, J; Andrews, K. 1996. Through the roadblocks: IPM and Central American smallholders. International Institute for Environment and Development. Gatekeeper Series 56:4-14.
- Braun, AR; Thiele, G; Fernández, M. 2000. Plataformas complementarias para la innovación de los agricultores LEISA 16(2):25-26.
- Bustillo, A; Cárdenas, MR; Villalba, GD; Benavides, PM; Orozco, JH; Posada, FF. 1998. Manejo integrado de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en Colombia. Chinchina, Caldas, CO, Cenicafé. 134 p.
- Calvo, D; Von Platen, D. 1996. Cacao-laurel-plátano. Costos y beneficios financieros. Turrialba, CR, CATIE/GTZ. p. 1-25. (Serie Técnica no. 264).
- Castaño, G. 2002. Estudio sociocultural de los caficultores y su relación con el manejo integrado de la broca del café. Cenicafé 53(1):34-38.



- CATIE. 1994. Apuntes sobre manejo integrado de la broca del café. *In* Cómo implementar MIP en café con productores y técnicos. Managua, NI, CATIE. p. 40-53.
- CATIE. 1998. Informe final proyecto CATIE/INTA-MIP. Febrero 1995-Julio 1998. Managua, NI. 25 p.
- Ceja I, E. 2000. Análisis de la situación actual de la campaña contra la broca del café y su importancia fitosanitaria en Chiapas. *In* Ramírez, M; Reyes González, B. eds. Reunión nacional de la campaña contra la broca del café (3, 2000) . Tepic, Nayarit, MX, SAGAR-CONASAG-DGSV. p. 1-6.
- Consejo Mexicano del Café. 2000. Encuesta Nacional 1999-2000. Programa Alianza para el Campo-Programa Café 1995-2000. Mimeo. México, D.F. p. 1-44.
- Consejo Mexicano del Café. 2001. Crónica Cafetalera. No.73:1-4.
- De la Rosa, W; Barrera, JF. 1997. Guía Práctica. Propagación del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* para el combate biológico de la broca del café. Chiapas, MX, El Colegio de la Frontera Sur. p. 24.
- De la Rosa, W; Alatorre, R; Barrera, JF; Toriello, C. 2000. Effect of *Beauveria bassiana* and *Metarhiziumanisoplaea* (Deuteromycetes) upon the coffee berry borer (Coleoptera: Scolytidae) under field conditions. *J. Econ. Entomol.* 93:1409-1414.
- Dufour, B; Barrera, JF; Decazy, B. 1999. La broca de los frutos del café: ¿La lucha biológica como solución? *In* Bertrand, B; Rapidel, B. eds. Desafíos de la Caficultura en Centroamérica. San José, CR, IICA-PREMECAFE-CIRAD-IRD-CCCR. p. 293-325.
- Duque, OH; Márquez, A; Hernández, M. 2002. Estudios de caso sobre costos de manejo integrado de la broca del café en el departamento de Risaralda. *Cenicafé* 53(2):106-118.
- Florez, ME; Bustillo, A; Montoya, E. 1997. Evaluación de equipos de aspersión para el control de *Hypothenemus hampei* con el hongo *Beauveria bassiana*. *Cenicafé* 48(2):92-98.
- Gittinger, P. 1972. Análisis económico de proyectos agrícolas. IDE-BIRF. Madrid, ES, Editorial Tecnos. p. 27-116.
- Guharay, F; Monterrey, J. 1997. Ecological management of coffee berry borer in Central America. *Manejo Integrado de Plagas* 45:1-8.
- Guharay, F; Monterrey, J; Monterroso, D; Staver, C. 2000. Manejo integrado de plagas en el cultivo del café. CATIE. Managua, NI. p. 267. (Manual Técnico no. 44).
- IICA. 1999. Elementos para programar, ejecutar y evaluar actividades de capacitación. Manual Técnico Especializado. Distrito Federal, MX, IICA, IDE, Banco Mundial. p. 39-42.
- Jarquín, GR; Barrera, JF; Nelson, K; Martínez, A. 1999. Métodos no químicos contra la broca del café y su transferencia tecnológica en Los Altos de Chiapas, México. *Agrociencia* 33:431-438.
- Mata, GB. 2000. Transferencia de tecnología y desarrollo rural. *In* Mata, B; Sepúlveda, I. eds. Estrategias de transferencia de tecnología. Chapingo, MX, UACH- IICA. p. 71-92.
- Morse, S; Buhler, W. 1997. Integrated pest management. Ideas and realities in developing countries. Londres, UK, Lynne Rienner Publishers. p. 103-153.
- Ochoa, MM; Campos, O; Vidal, B; Decazy, B. 1989. Determinación de pérdidas en la cosecha por broca del fruto del café (*Hypothenemus hampei* Ferr.) en función de diferentes porcentajes de infestación. *In* Taller Regional de Broca (3). Antigua, GT, IICA/ PROMECAFE. p. 81-89.
- Pedigo, LP. 1994. Introduction to sampling arthropod populations. *In* Pedigo LP; Buntin, GD. eds. Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture. Boca Raton, FL, US, CRC Press. p. 1-11.
- Potvin, C; Roff, DA. 1993. Distribution-free and robust statistical methods: viable alternatives to parametric statistics? *Ecology* 74:1617- 1628.
- Pretty, NJ. 1995. Participatory learning for sustainable agriculture. *World Development* 23(8):1247-1263.
- Price, LL. 2001. Demystifying farmer's entomological and pest management knowledge: A methodology for assessing the impacts on knowledge from IMP-FFS and NES interventions. *Agriculture and Human Values* 18:153-176.
- Ramírez, M; Reyes González, B. 2000. Reunión nacional de la campaña contra la broca del café (3, 2000). Tepic, Nayarit, MX, SAGAR-CONASAG-DGSV. p. 110.
- StatSoft. 2003. Data analysis software system. Version 6.0. www.statsoft.com.
- Sims, B; Bentley, J. 2000. Investigación participativa: Un juego de herramientas, pero no la clave del universo. *ProCampo* 85:16-21.

# Variação populacional de *Phyllocnistis citrella* e parasitismo em variedades de citros sob manejo orgânico

Caio F. S. Efrom<sup>1</sup>  
Luiza R. Redaelli<sup>2</sup>  
Lúcia M. G. Diefenbach<sup>3</sup>

**RESUMO.** Avaliaram-se aspectos da dinâmica populacional de *Phyllocnistis citrella* (Lep.: Gracillariidae) (minador-dos-citros) e de seus parasitóides por amostragens quinzenais de julho/2004 a junho/2005 em dois pomares sob manejo orgânico, um de tangerineira 'Montenegrina' (*Citrus deliciosa*) e outro do tangoreiro 'Murcott' (*Citrus sinensis* x *C. reticulata*), em Montenegro (29°37'51"S, 51°28'10"W), RS. Instalaram-se 12 armadilhas/pomar para captura de adultos do minador e em cada ocasião de amostragem estas eram inspecionadas, além de coletarem-se oito brotos/planta de 12 plantas de cada pomar. Em laboratório registrou-se dos brotos, o número de folhas, minas, ovos, lagartas e pupas de *P. citrella* e de parasitóides. O padrão de colonização e uso do recurso pelo minador foi semelhante nos pomares. No verão e outono, verificaram-se as maiores densidades de minas, ovos, lagartas e pupas de *P. citrella*. O número médio de adultos e imaturos de *P. citrella* foi semelhante entre as variedades. Cerca de 60% da brotação anual escapa do ataque do minador. O parasitismo foi de 23,3% em 'Montenegrina' e 24,9% em 'Murcott'. Os períodos de estiagem durante o trabalho podem ter influenciado as populações do minador e de parasitóides.

**Palavras-chave:** *Phyllocnistis citrella*, citros, dinâmica populacional, parasitismo.

**ABSTRACT.** Variation of *Phyllocnistis citrella* population and parasitism in citrus cultivars under organic management. Aspects of population dynamics of *Phyllocnistis citrella* (Lep.: Gracillariidae), the citrus-leafminer, were evaluated by fortnightly samplings from July/2004 to June/2005 in two organically managed orchards, one of tangerine Montenegrina cultivar (*Citrus deliciosa*) and the other of the tangor Murcott (*Citrus sinensis* x *C. reticulata*), in Montenegro (29°37'51"S, 51°28'10"W), RS. Twelve traps per orchard were installed to capture the miner adults. At each sampling occasion, the traps were inspected and eight shoots per plant were collected from 12 plants in each orchard. The number of shoots in the tree canopy was also estimated. In laboratory, the number of leaves, mines, eggs, caterpillars and pupae of *P. citrella* and of parasitoids were registered from each shoot. The colonization pattern and resource usage by the miner was similar in the orchards. The higher densities of mines, eggs, caterpillars and pupae of *P. citrella* were verified in summer and autumn. The average number of adults and immature was similar between cultivars. About 60% of the annual shooting escape from the miner attack. The parasitism was 23.3% in 'Montenegrina' and 24.9% in 'Murcott'. The drought periods along the study may have influenced the miner and parasitoid populations.

**Keywords:** *Phyllocnistis citrella*, citrus, population dynamic, parasitism.

## Introdução

Uma das principais preocupações dos citricultores brasileiros é a incidência do cancro cítrico, doença causada pela bactéria *Xanthomonas citri* pv. *citri* (Amaral 2003, Brunings & Gabriel 2003) que pode estar associada ao minador-dos-citros, *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) originário do Sudeste Asiático e difundido em praticamente todos os países produtores

de citros (Heppner 1993, Graham et al. 1996). A injúria causada nas folhas pelas lagartas de *P. citrella* caracterizada por galerias sinuosas (Knapp et al. 1995) pode facilitar a penetração do agente causal do cancro cítrico (Graham et al. 1996, Chagas et al. 2001).

O controle químico de *P. citrella* não vem apresentando a eficácia desejada, pois as lagartas devido ao hábito minador permanecem protegidas pela cutícula foliar.

<sup>1</sup> Departamento de Fitossanidade, Faculdade de Agronomia, UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 7712, 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil. caioefrom@hotmail.com

<sup>2</sup> Departamento de Fitossanidade, Faculdade de Agronomia, UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 7712, 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil. luredael@ufrgs.br

<sup>3</sup> IPB-LACEN/RS, FEPPS, Av. Ipiranga, 5400, 90610-000, Porto Alegre, RS, Brasil. lucia-diefenbach@fepps.rs.gov.br

Soma-se a isto, o grande número de gerações de *P. citrella* e a emissão quase contínua de novos brotos nos períodos de máxima atividade vegetativa que favorecem o crescimento populacional do minador.

Assim, desde que o minador-dos-citros foi registrado no Brasil (Prates et al. 1996), estudos têm buscado formas alternativas de controle, como o biológico a exemplo do que já vinha sendo feito em outros países, principalmente através de himenópteros parasitoides e pela liberação do exótico *Ageniaspis citricola* Logvinovskaya (Hym.: Encyrtidae), o único específico ao minador (Neale et al. 1995, Argov & Rössler 1996, Hoy & Nguyen 1997, Pomerinke & Stansly 1998, Paiva et al. 2000, Urbaneja et al. 2000).

Em alguns países como Japão e México, o parasitismo natural de *P. citrella* tem sido responsável por uma parcela elevada de mortalidade próximo a 70%, nos estágios imaturos (Bautista-Martinez et al. 1998; Mafi & Ohbayashi 2004). Na Argentina, em locais com a presença da praga há mais de cinco anos, o parasitismo natural chega a até 50% sobre lagartas e pupas do minador (Putruele & Petit Marty 2000).

No Brasil, são registradas cerca de 15 espécies de himenópteros parasitoides nativos associados com o minador, pertencentes a Eulophidae, Chalcididae, Eupelmidae e Pteromalidae (Schauff et al. 1998; Costa et al. 1999; Nascimento et al. 2000; Garcia et al. 2001; Montes et al. 2001; Jahnke et al. 2005). Em pomares de citros no estado de São Paulo, sobre o minador, Sá et al. (1998) registraram de 21,4% a 39,3% de parasitismo natural, Costa et al. (1999) constataram 39,3% e Montes et al. (2001), 35%. Em Santa Catarina, Garcia et al. (2001) observaram 43,2% de parasitismo em laranja 'Valência', 45,8% em tangerineira 'Ponkan' e 37,3% em limeira 'Tahiti'. De acordo com os últimos autores, a porcentagem média de parasitismo por espécies autóctones registrada no oeste deste estado foi de 42,1%.

*Ageniaspis citricola* dispersou-se e estabeleceu-se com sucesso no Brasil resultando em índices elevados de parasitismo (Gravena 2001; Parra et al. 2005). No estado do Rio Grande do Sul (RS), as liberações deste parasitóide não foram acompanhadas de estudos prévios nem posteriores que avaliassem a ação e o estabelecimento da espécie (Becker & Moraes 2001).

A maioria dos trabalhos com *P. citrella* e seus parasitoides no Brasil foi realizada na região Sudeste, em pomares de laranjeiras com áreas extensas e sob manejo convencional. Uma parcela destes resultados poderia ser extrapolada para os pomares de tangerineiras do RS. Entretanto, diferenças que vão desde o porta-enxerto utilizado, o clima subtropical do Estado, o cultivo em pequenas propriedades com mão-de-obra familiar, e

o sistema orgânico de produção, tornam difícil esta extrapolação.

Assim, no presente trabalho, avaliou-se aspectos da dinâmica populacional do minador através do monitoramento de adultos e imaturos em duas variedades de citros sob sistema orgânico, determinaram-se índices de parasitismo e a contribuição do parasitóide exótico *A. citricola* nestes índices.

## Material e métodos

O experimento foi realizado em Montenegro, RS, onde o clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa subtropical úmido com precipitações bem distribuídas sofrendo a influência de massas de ar tropical e polar-atlântico (Maluf 2000). A temperatura média anual é de 19,1 °C, com a máxima média de 25,8 °C e mínima média de 14,4 °C. A precipitação média é de 1.424 mm/ano (IPAGRO 1989).

O trabalho foi desenvolvido em dois pomares de citros (29°37'51"S 51°28'10"W) de aproximadamente 0,6 ha cada, um de tangoreiro 'Murcott' (*Citrus sinensis* x *Citrus reticulata*) e o outro de tangerineira 'Montenegrina' (*Citrus deliciosa*), com 312 plantas cada e 14 anos de idade. Os pomares, desde a instalação, são mantidos sob manejo orgânico que consiste de aplicações de chorume e composto orgânico provenientes da Usina de Compostagem da Cooperativa dos Citricultores Ecológicos do Vale do Caí (ECOCITRUS) e utilização de calda bordalesa (0,5%) três vezes ao ano (setembro, novembro e dezembro).

Foram realizadas amostragens quinzenais, de julho de 2004 a junho de 2005, em 12 plantas previamente sorteadas, coletando-se, de cada uma, oito brotos que eram acondicionados individualmente em sacos de polietileno etiquetados e transportados ao laboratório em caixa de poliestireno contendo "termogel" para manter a turgidez. Foram considerados brotos as extremidades dos ramos com crescimento mais recente e com coloração mais clara distinguível do resto das folhas.

Em laboratório, contava-se o número de folhas dos brotos e, com o auxílio de microscópio estereoscópio, anotava-se a presença e a quantidade de minas, ovos, lagartas e pupas de *P. citrella* e de parasitoides em seus diferentes estágios de desenvolvimento.

Calcularam-se as médias do número de folhas, de minas e de indivíduos e o percentual de parasitismo, este último sem distinção entre as fases imaturas de *P. citrella*, por ocasião de amostragem, nas duas variedades.

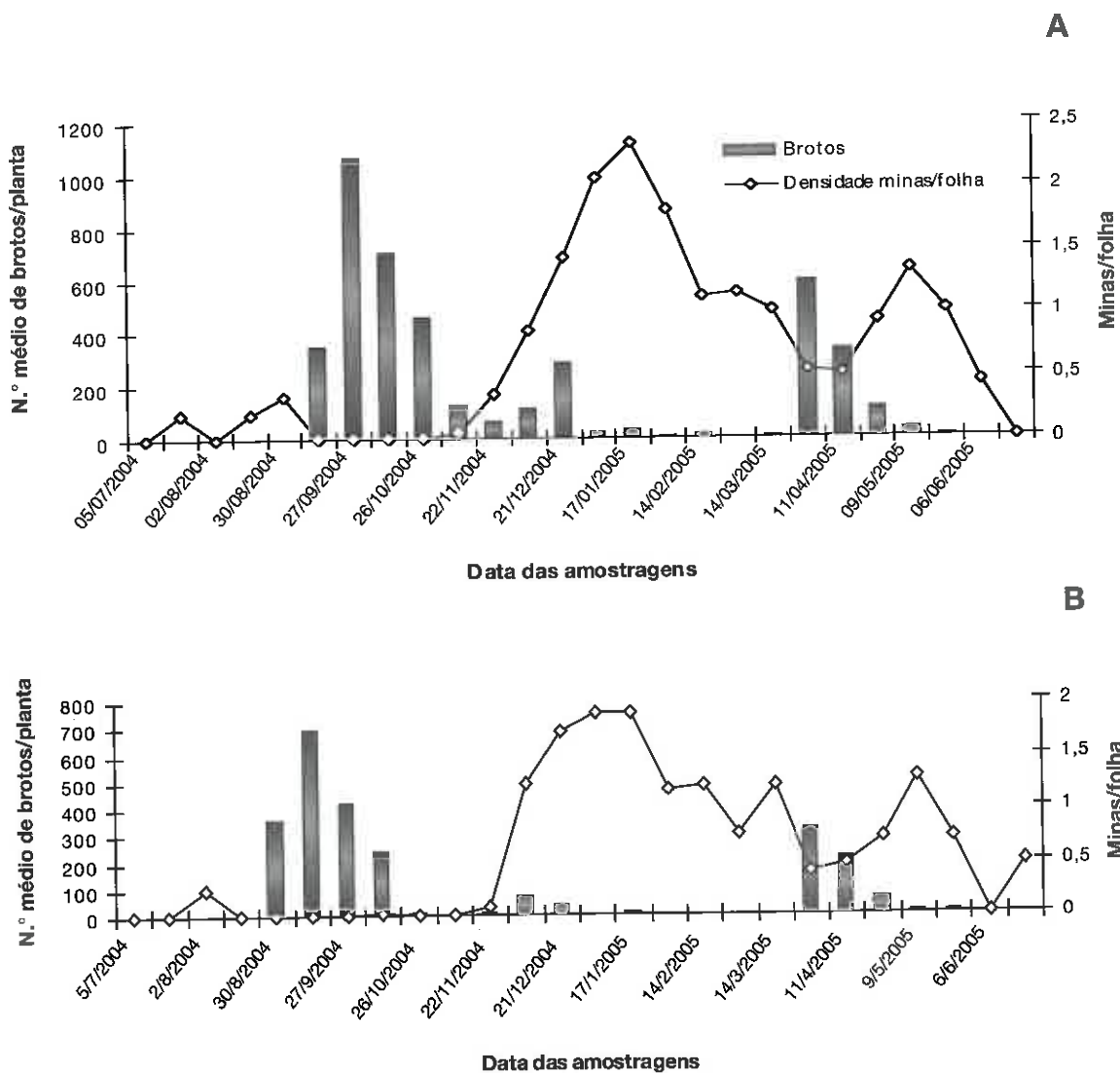
Na avaliação do parasitismo, observaram-se as minas e as câmaras pupais, distinguindo-se as pupas de *A. citricola*, que é endoparasitóide e poliembriônico, das

de espécies autóctones de microimenópteros, a maioria ectoparasitóides. Destes últimos, registraram-se larvas e ovos sem distinção entre espécies nestes estágios.

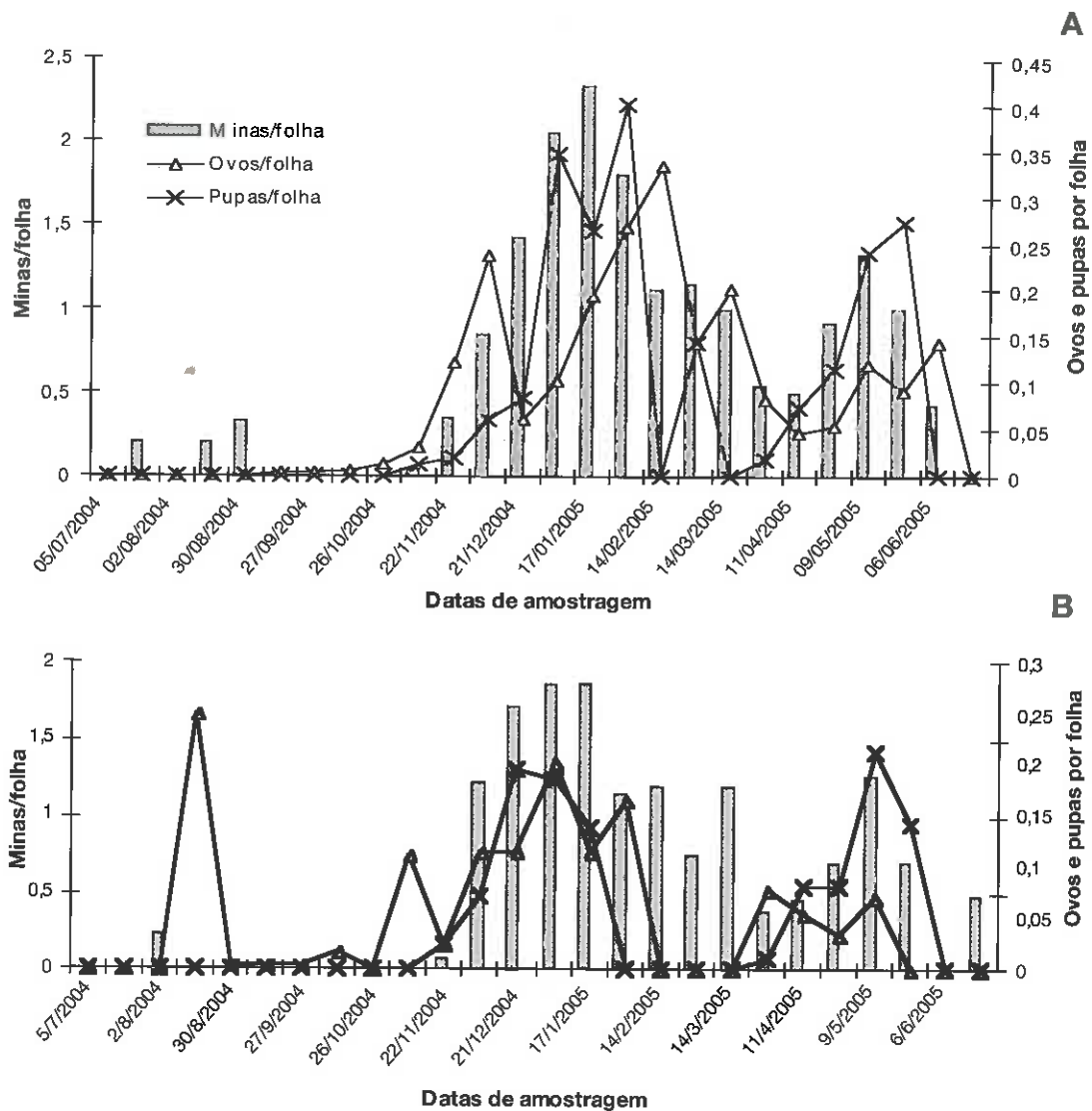
Na amostragem dos adultos de *P. citrella* utilizaram-se armadilhas de interceptação não-atrativas, compostas por uma placa transparente de policarbonato (0,75 mm de espessura) de 30 cm × 30 cm (0,09 m<sup>2</sup>) pincelada nas duas faces com uma fina película de óleo "STP<sup>MR</sup> oil treatment", conforme Weissling & Knight (1994) e Suckling et al. (2001). As armadilhas foram distribuídas de forma aleatória na área, num total de 12 por variedade, seis no estrato inferior (0-1 m) e seis no superior (1-2 m), considerados a partir da base da copa. Nas ocasiões de amostragem, o número de adultos de *P. citrella* capturado era registrado utilizando-se uma lupa de 10X, após, limpava-se cada placa com uma espátula e reaplicava-se o óleo.

Em cada ocasião de amostragem, contou-se o número de brotos da copa da planta utilizando-se uma moldura quadrada de 25 cm × 25 cm (0,0625 m<sup>2</sup>). Para uniformizar a contagem dividiu-se a copa da planta em quatro quadrantes (Norte, Sul, Leste e Oeste) e em dois estratos, inferior (0-1 m) e superior (1-2 m) considerados a partir da base da copa. Assim, o número de brotos presentes na área limitada pela moldura era contado em oito diferentes partes da copa de seis plantas de cada uma das variedades. Media-se a altura e a circunferência da copa e estimava-se o número de brotos para toda a copa.

Para análise dos dados e comparação entre variedades utilizaram-se os testes U de Wilcoxon-Mann-Whitney,  $\chi^2$  e correlação linear de Pearson (Calegari-Jacques 2003). Os dados foram ajustados logaritmicamente quando necessário, e o nível de significância adotado foi de 5%.



**Figura 1.** Número médio de brotos/planta e densidade de minas de *P. citrella* registrados em 'Montenegrina' (A) 'Murcott' (B), Montenegro, RS, de julho de 2004 a junho de 2005.



**Figura 2.** Densidade de minas, ovos e pupas de *P. citrella* por folha, registradas em ‘Montenegrina’ (A) e ‘Murcott’ (B), Montenegro, RS, de julho de 2004 a junho de 2005.

Utilizou-se para os testes estatísticos o programa NCCSS-PASS 2004 (Hintze 2004).

**Resultados e discussão**

Foram realizadas 26 amostragens ao longo de um ano. Identificaram-se, através do número médio de brotos, três principais fluxos de brotação tanto em ‘Montenegrina’, quanto em ‘Murcott’ (Fig. 1). Embora plantas da variedade Murcott apresentem uma arquitetura diferenciada das de ‘Montenegrina’, com maior altura, copa mais aberta e folhas maiores, não foram encontradas diferenças significativas entre as variedades com relação ao número médio de brotos por planta [ $z(U) = 0,8785; P = 0,3797$ ].

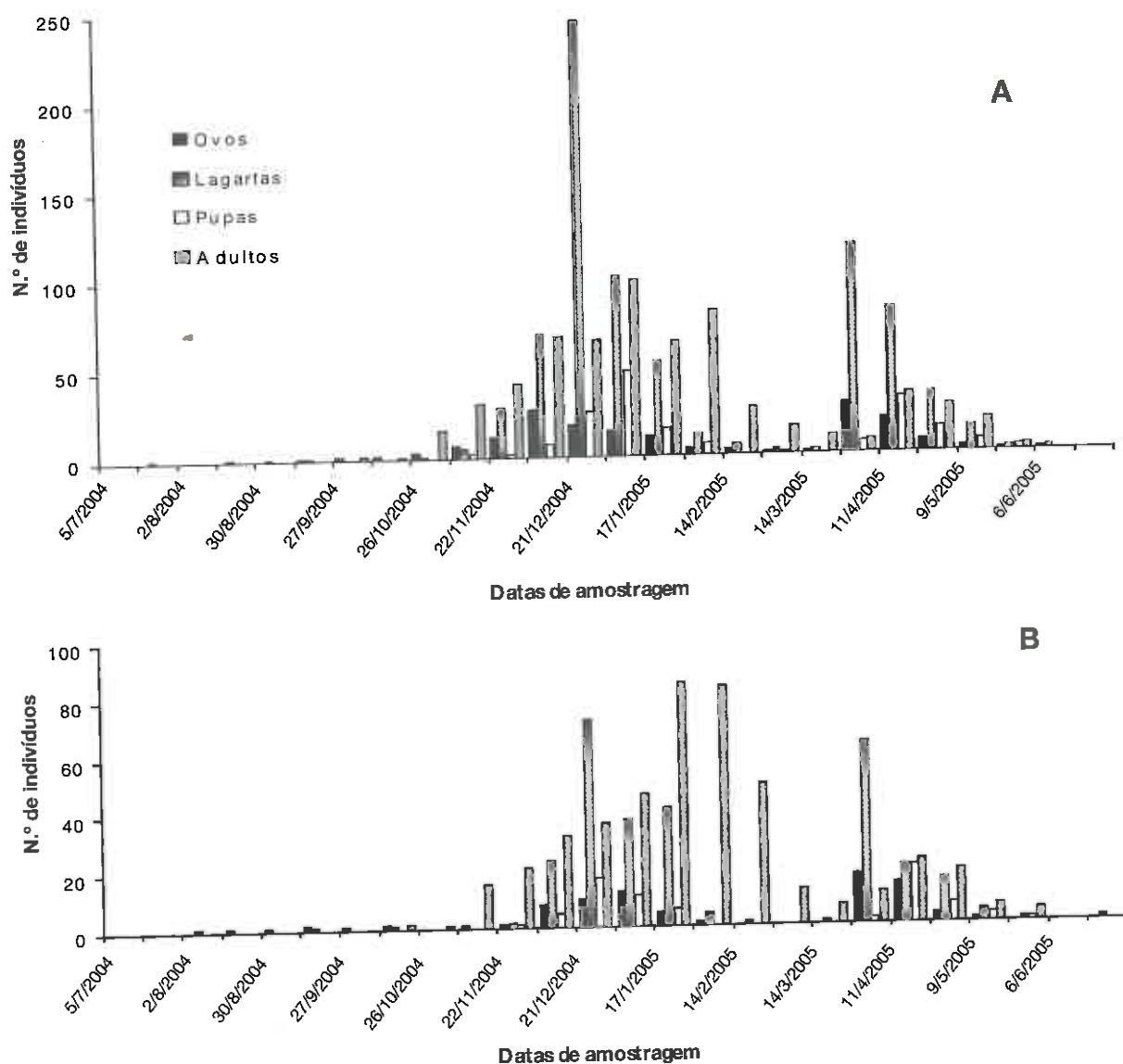
Coletaram-se, no total, em ‘Montenegrina’ 725 brotos e 3.451 folhas, das quais 1.035 (29,9%) possuíam injúria

ocasionada por *P. citrella*. Nesta variedade registrou-se 1.568 minas, 165 ovos, 772 lagartas, 164 pupas de *P. citrella* e 245 parasitóides, nas diferentes formas imaturas. Já em ‘Murcott’, coletaram-se 403 brotos, 1.908 folhas e, destas 342 (17,9%) apresentavam danos pelo minador. Observou-se ainda, 737 minas, 80 ovos, 288 lagartas, 73 pupas de *P. citrella* e 106 parasitóides nas formas imaturas.

Verificou-se que a freqüência de folhas sadias e injuriadas é dependente da variedade ( $\chi^2 = 93,072; P < 0,0001$ ), sendo ‘Montenegrina’ mais atacada pelo minador-dos-citros.

Foram capturados, durante o período de amostragem com armadilhas, 602 adultos de *P. citrella* em ‘Montenegrina’ e 449 em ‘Murcott’.

A presença do minador-dos-citros nas folhas em ‘Montenegrina’ foi registrada a partir da segunda quinzena



**Figura 3.** Número de adultos, ovos, lagartas e pupas de *P. citrella* registrados em 'Montenegrina' (A) e 'Murcott' (B), Montenegro, RS, de julho de 2004 a junho de 2005.

de julho e em 'Murcott', no início de agosto, antes do primeiro fluxo de brotação, mas em pequena densidade. Verificou-se aumento das populações a partir de meados de novembro nas duas variedades.

Em 'Montenegrina' houve registro de ovos a partir de setembro e os valores máximos foram verificados de dezembro e março (Fig. 2A), a densidade máxima foi de 0,33 ovos/folha, e para todo o período, o valor médio foi de 0,04 ovos/folha. Em 'Murcott', os primeiros ovos foram observados a partir da segunda quinzena de agosto e os valores máximos foram registrados no início de janeiro e final de março (Fig. 2B), a maior densidade foi de 0,25 ovos/folha e, para todo o período, a média foi de 0,04 ovos/folha.

A densidade média de minas em 'Montenegrina' atingiu um valor máximo de 2,33 minas/folha e a média

de todo período foi de 0,45 minas/folha. Já em 'Murcott', o valor máximo foi de 1,88 minas/folha e a média de todo período, de 0,39 minas/folha (Fig. 1 e 2). Foi no verão que houve registro das maiores densidades de minas.

Segundo Knapp et al. (1995), em altas densidades do minador-dos-citros é comum registrar-se de duas a três minas por folha e, em caso de ataque severo, mais de quatro minas por folha, podendo este número ser utilizado como um indicativo do nível de infestação da praga. Assim, no presente estudo, os valores constatados nas duas variedades indicam que a população não era tão alta, e somente em janeiro em 'Montenegrina', é que a densidade foi maior que duas minas por folha (Fig. 1A).

A partir de meados de dezembro, a população do minador aumentou atingindo no período do verão os

maiores valores (Fig. 3). Entretanto, um período de forte estiagem, a partir de janeiro, afetou a fisiologia das plantas e a população de *P. citrella* até o final de março, quando registrou-se um novo fluxo de brotação e a população voltou a crescer (Fig. 1 e 3).

Tanto a fenologia das plantas de citros, como a temperatura atuam sobre a atividade do minador. São necessários brotos, com folhas tenras, para que a sobrevivência do inseto esteja assegurada, já que ao eclodirem as lagartas conseguem perfurar o tecido foliar se este ainda não estiver endurecido (Garrido & Gascón 1995, Willink et al. 1996, Ripollés 1997). Entretanto a presença de brotos não é suficiente, já que fatores como temperatura, precipitação e umidade limitam a atividade e o desenvolvimento do minador (Katole et al. 1997, Margaix et al. 1998). Isto pode ser observado na Fig. 4, onde o primeiro e maior fluxo de brotação, a partir do final de agosto e início de setembro até a segunda quinzena de outubro em ambas as variedades, praticamente não foi atacado pelo minador. Ou seja, mais de 60 % da nova

área foliar da planta em 'Montenegrina' e mais de 70% em 'Murcott' escapa do ataque da praga. Segundo Tirado (1995), na Espanha, em diferentes variedades de citros, embora as porcentagens possam variar a cada ano em função da idade das árvores e do tipo de manejo que recebem, a brotação de primavera pode representar quase 60% do total de brotos e folhas produzidas em um ano, corroborando o encontrado no presente trabalho. A ausência de dano na brotação de primavera parece ocorrer também em algumas outras regiões como o relatado por Urbaneja et al. (2000) e Segade (2002).

Apesar dos dados obtidos no presente estudo referirem-se a pomares adultos de tangerineiras em plena produção e num ano climaticamente atípico, restringindo generalizações para outras situações, evidenciam a importância do monitoramento das brotações antes da tomada de decisão em relação ao controle da praga.

Em relação à densidade de lagartas de *P. citrella*, em 'Montenegrina', o valor máximo foi de 0,93 lagartas/folha e na média de todo o período de 0,22 lagartas/folha. Em

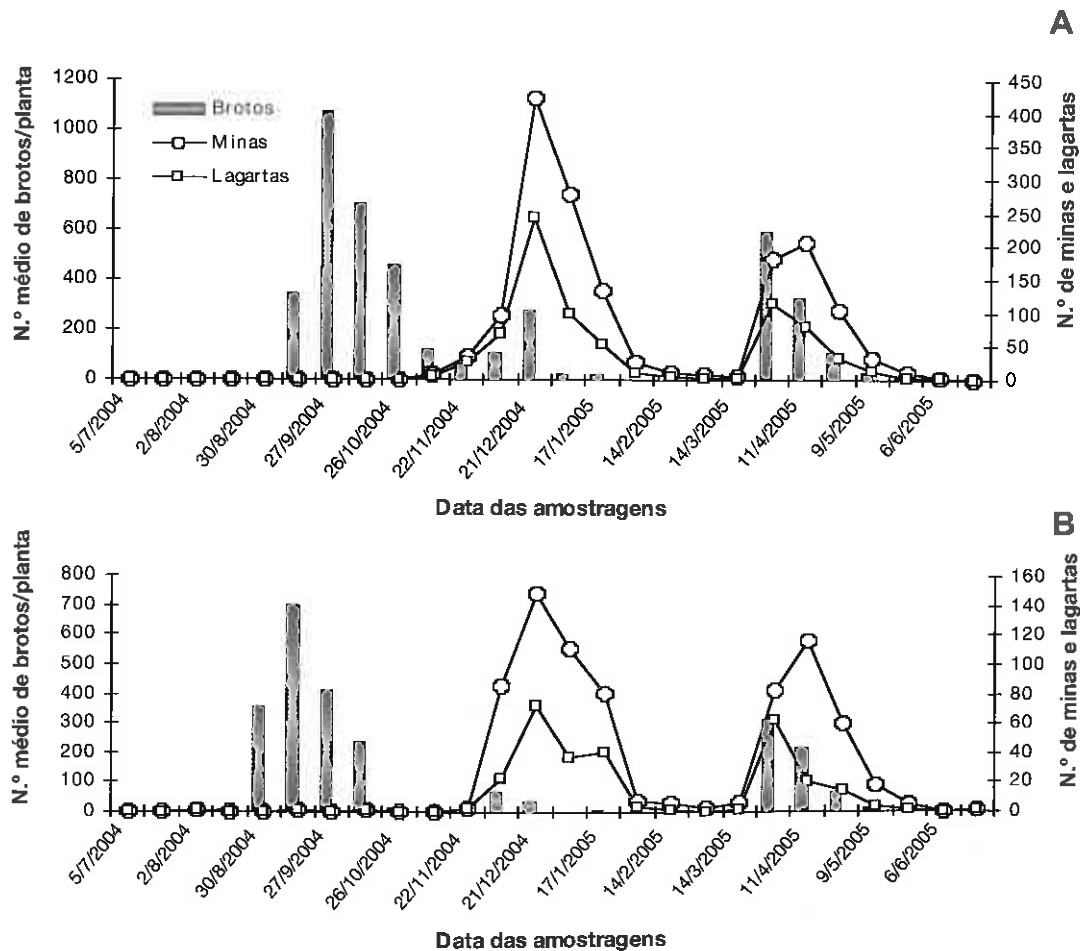


Figura 4. Número de minas e lagartas de *P. citrella* e número médio de brotos por planta registrados em 'Montenegrina' (A) e 'Murcott' (B), Montenegro, RS, de julho de 2004 a junho de 2005.

**Tabela 1.** Valores de correlação linear de Pearson entre o número de adultos, imaturos e minas de *P. citrella* registrados em tangerineira 'Montenegrina' e no tangoreiro 'Murcott', julho de 2004 a junho de 2005, Montenegro, RS

Fases-minas	Adultos	
	'Montenegrina'	'Murcott'
Ovos	0,7120**	0,3953*
Minas	0,7595**	0,5825**
Lagartas	0,7599**	0,5761**
Pupas	0,7864**	0,4270*

Nota: \* Significante a 5%; \*\* Significante a 1%

**Tabela 2.** Número médio de indivíduos (± E.P.) nos diversos estágios de desenvolvimento e de minas de *P. citrella* registrados em 'Montenegrina' e 'Murcott', julho de 2004 a junho de 2005, Montenegro, RS

Fases-minas	Número de indivíduos ( $\bar{X} \pm E.P.$ )		
	Montenegrina	Murcott	P
Ovo	6,35 ± 1,645	3,08 ± 0,957	0,09
Lagarta	29,69 ± 10,834	21,33 ± 3,963	0,11
Pupa	6,30 ± 2,244	2,80 ± 1,059	0,32
Mina	60,31 ± 20,689	28,34 ± 8,926	0,24
Adulto	23,15 ± 5,649	17,27 ± 4,783	0,54

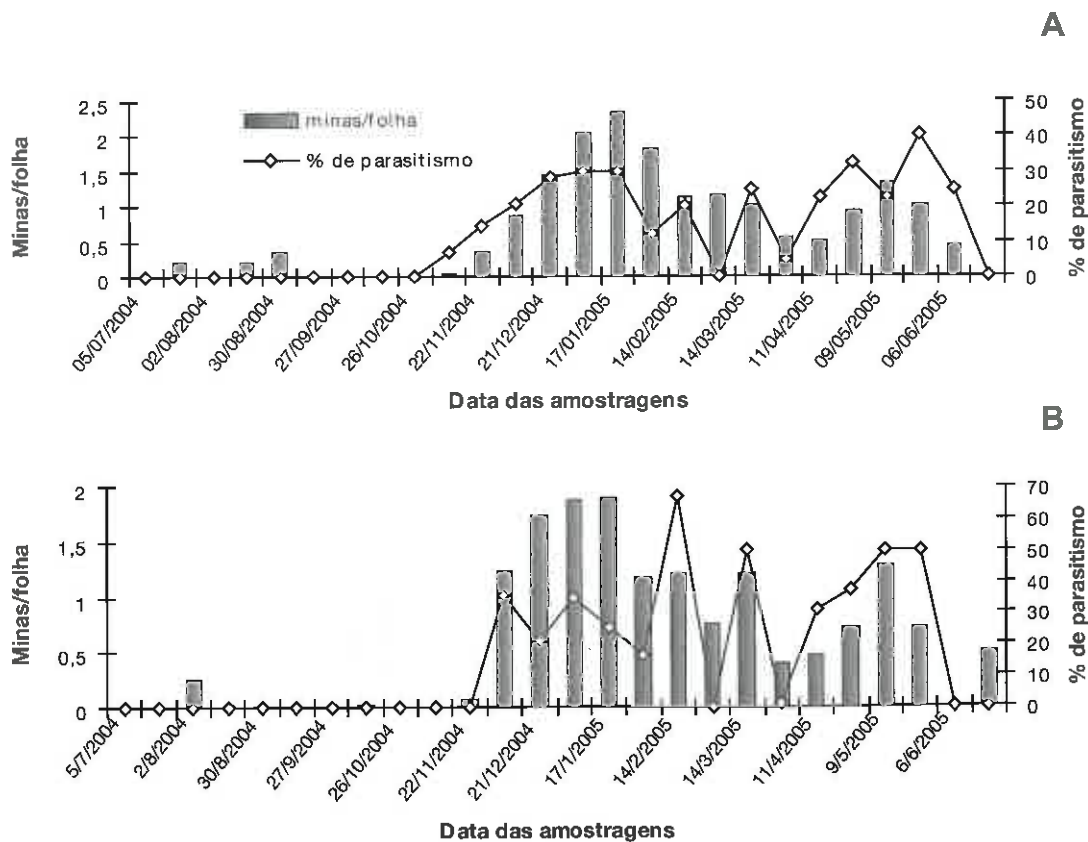
'Murcott', o valor máximo foi de 0,95 lagartas/folha e na média 0,15 lagartas/folha.

O número médio de pupas de *P. citrella* atingiu maiores valores entre dezembro/janeiro e início de abril, nas duas variedades (Fig. 2). Em 'Montenegrina' o valor máximo foi de 0,4 pupas/folha e a média do período, cerca de 0,05 pupas/folha. Em 'Murcott' a maior densidade foi de 0,21 pupas/folha e a média aproximadamente 0,04 pupas/folha.

As primeiras capturas de adultos foram no final de setembro em 'Montenegrina' e meados de outubro em 'Murcott', aproximadamente simultâneas ao registro de

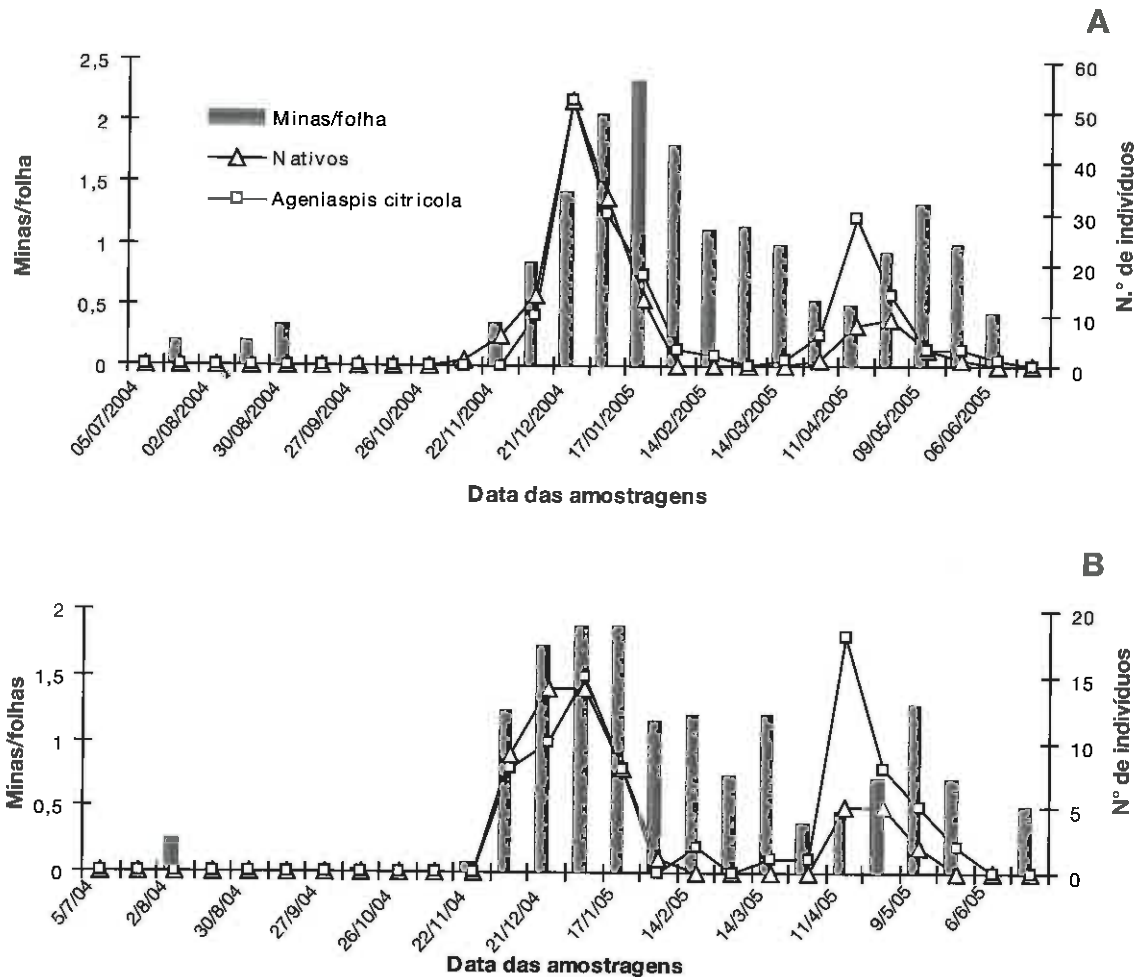
ovos e semelhantes a posterior elevação destas populações, em ambos os pomares (Fig. 3). Os resultados sugerem que os pomares foram colonizados por adultos que tiveram origem ou se desenvolveram em brotos de outras plantas durante o inverno, como por exemplo, limociros, cuja brotação na região ocorre o ano todo. Ao longo de todo o período a população de adultos apresentou correlação positiva com a quantidade de imaturos registrada (Tab. 1).

Não se registrou diferença significativa no número de adultos capturados entre os estratos superior e inferior e entre as variedades ( $\chi^2 = 0,416$ ;  $P = 0,5188$ ).



**Figura 5.** Densidades de minas de *P. citrella* por folha e percentual de parasitismo, registrados em 'Montenegrina' (A) e 'Murcott' (B), Montenegro, RS, de julho de 2004 a junho de 2005.





**Figura 6.** Densidade de minas de *P. citrella* por folha e número de parasitóides nativos e do exótico *A. citricola* registrados em 'Montenegrina' (A) e 'Murcott' (B), Montenegro, RS, de 2004 a junho de 2005.

O número médio de adultos do minador por armadilha por dia, considerando todo o período amostral, foi de 1,72 e 1,28 em 'Montenegrina' e 'Murcott', respectivamente. O valor máximo observado foi de 98 minadores em 'Montenegrina' e 84 em 'Murcott', nas amostragens realizadas em janeiro, que correspondem ao vôo dos adultos que se desenvolveram no segundo fluxo de brotação. Estes números de adultos podem ser considerados baixos em relação aos imaturos que se encontram nos brotos das plantas. Deve-se considerar que a longevidade dos adultos é, em média, de três dias e a atividade de vôo, durante a qual estariam suscetíveis a captura, é restrita a reprodução. Assim, a chance de serem amostrados é pequena.

Não se constatou diferença significativa entre o número médio de indivíduos de *P. citrella* nas diferentes fases de desenvolvimento, entre as variedades, através do teste U de Mann-Whitney (Tab. 2).

Em 'Montenegrina', as primeiras lagartas parasitadas foram observadas a partir do início de

novembro e as pupas em dezembro. Em 'Murcott', o parasitismo, em ambos os estágios, foi constatado em dezembro. Em todo o período, o parasitismo médio observado sobre *P. citrella* em 'Montenegrina' foi de 23,3% e em 'Murcott' foi de 24,9%, com níveis máximos de 40% em 'Montenegrina', no final de maio e, 66% em 'Murcott', em meados de fevereiro (Fig. 5). Entretanto os percentuais médios de parasitismo entre as variedades ( $z(U) = 0,0915$ ,  $P = 0,9271$ ) não diferiram significativamente. No período de junho até meados de novembro, não se observou parasitismo, provavelmente pela pequena abundância de hospedeiros no período.

*Ageniaspis citricola* foi a espécie mais abundante e freqüente, sendo que em algumas ocasiões de amostragem todo o parasitismo registrado era decorrente da ação desta espécie (Fig. 6). Em relação ao total de parasitóides registrados em todo período amostral, as proporções de *A. citricola* atingiram 55% e 57,4%, em 'Montenegrina' e 'Murcott', respectivamente. Índices semelhantes foram

obtidos por Sá et al. (2000), em Jaguariúna, SP, onde *A. citricola* respondeu por 60,1% dos parasitóides contra 39,9% das espécies nativas. Ambos os resultados apontam que o parasitóide exótico se estabeleceu com sucesso nas condições observadas sem que fossem feitas novas introduções.

Lioni & Cividanes (2004), em São Paulo, evidenciaram que o parasitismo ocasionado por *A. citricola* foi o fator-chave de mortalidade de pupas de *P. citrella* em laranjeira 'Pêra-Coroa', e que esta espécie se tornou predominante em relação às nativas já existentes na região, principalmente *Galeopsomyia fausta* La Salle (Hym.: Eulophidae) que era responsável por 92% do parasitismo (Sá et al. 2000). De acordo com Argov & Rössler (1996) uma das razões do sucesso de *A. citricola* é o grande potencial reprodutivo resultante da poliembrião, além disso, segundo Godfray (1994), pelo fato de ser um parasitóide cenobionte apresentaria uma maior especificidade hospedeira, ao contrário dos autóctones, que neste estudo são idiobiontes.

Cabe ressaltar que o percentual de parasitismo por *A. citricola*, no presente estudo, pode ter sido maior que o registrado, tendo em vista que as lagartas de *P. citrella* não foram dissecadas para este exame.

Interações entre parasitóides podem também afetar os percentuais de parasitismo. Lioni & Cividanes (2004) constataram que aproximadamente 4% das pupas de *A. citricola* foram parasitadas por *G. fausta* (autóctone), possivelmente pelo fato desta última espécie ser generalista. Também foi observado o parasitismo sobre outras espécies de parasitóides de *P. citrella*, como *Cirrospilus* spp. sobre *Pnigalio pectinicornis* (Linnaeus) e espécies do mesmo gênero (Argov & Rössler 1996; Urbaneja et al. 1998). A predação de larvas e pupas de parasitóides por espécies generalistas é um outro fator que não pode ser ignorado e que pode afetar os percentuais de parasitismo.

Um outro fator que teve influência sobre os resultados deste estudo foi a estiagem registrada, a qual segundo Berlato (2005) foi a mais intensa dos últimos 50 anos, com médias de precipitação, para o período de janeiro a março, bem abaixo das normais de 1930-1961. Nos pomares observou-se a eliminação de boa parte das folhas e a ocorrência do último fluxo de brotação somente após a volta das chuvas (março de 2005). Assim como a fisiologia das plantas foi afetada, as populações tanto do minador como de seus inimigos naturais também foram. Parra et al. (2005) afirmam que *A. citricola* se adapta melhor em regiões mais úmidas, de forma que seu parasitismo decresce nas épocas mais secas. Desta maneira, os valores registrados de parasitismo poderiam ser diferentes num ano considerado normal em relação às condições climáticas.

## Agradecimentos

Ao Programa RS-Rural pelo suporte financeiro, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas concedidas, respectivamente, ao primeiro e segundo autores.

## Literatura citada

- Amaral, AM. 2003. Cancro cítrico: permanente preocupação da citricultura no Brasil e no mundo. Brasília: EMBRAPA Recursos Genéticos e Agrobiologia, 5 p. (EMBRAPA Recursos Genéticos e Agrobiologia. Comunicado Técnico, 86).
- Argov, Y; Rössler, Y. 1996. Introduction, release and recovery of several exotic natural enemies for biological control of the citrus leafminer *Phyllocnistis citrella*, in Israel. *Phytoparasitica* 24(1):33-38.
- Bautista-Martinez, N; Carrillo-Sanchez, JL; Bravo-Mojica, H; Koch, SD. 1998. Natural parasitism of *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) at Cuitlahuac, Veracruz, México. *Florida Entomologist* 81(1):30-37.
- Becker, RFP; Moraes, LA. H. 2001. Relatório do programa de melhoria da fruta cítrica do vale dos rios Cai e Taquari. Taquari: FEPAGRO. 24 p.
- Berlato, MA. 2005. Prognósticos e recomendações para o período julho/agosto/setembro 2005. Consultado 25 agosto 2005. Disponível em [http://www.emater.tche.br/site/destaques/ptbr/forum\\_tempo clima/reuniaocopaaergs7-05-07-2005.pdf](http://www.emater.tche.br/site/destaques/ptbr/forum_tempo clima/reuniaocopaaergs7-05-07-2005.pdf)
- Brunings, AM.; Gabriel, DW. 2003. *Xanthomonas citri*: breaking the surface. *Molecular Plant Pathology* 4(3):141-147.
- Callegari-Jacques, SM. 2003. Bioestatística: Princípios e aplicações. Porto Alegre: ArtMed, 2003. 1:255 p.
- Chagas, MCM; Parra, JRP; Namekata, T; Hartung, JS; Yamamoto, PT. 2001. *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) and its relationship with the citrus canker bacterium *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri* in Brazil. *Neotropical Entomology* 30(1):55-59.
- Costa, VA; Sá, LAN; La Salle, J; Nardo, EAB De; Arellano, FL; Fuini, LC. 1999. Indigenous parasitoids (Hym., Chalcidoidea) of *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lep., Gracillariidae) in Jaguariúna, São Paulo State, Brazil: preliminary results. *Journal of Applied Entomology* 123:237-240.
- Garcia, FRM; Carabagialle, MC; Sá, LAN; Campos, JV. 2001. Parasitismo natural de *Phyllocnistis citrella* Stainton, 1856 (Lepidoptera: Gracillariidae) no oeste de Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia* 45(2):139-143.
- Garrido, A; Gascón, I. 1995. Distribución de las fases inmaduras de *Phyllocnistis citrella* Stainton, según el tamaño de la hoja. *Boletín Sanidad Vegetal Plagas* 21:559-571.
- Godfray, HCJ. 1994. Parasitoids, behavioral and evolutionary ecology. Princeton, Princeton University Press. 473 p.
- Graham, JH; Gottwald, TR; Browning, HW; Achor, DS. 1996. Citrus leafminer exacerbated the outbreak of Asiatic citrus canker in South Florida. In Hoy, MA. ed. Managing the citrus leafminer. International Conference of Citrus Leafminer (Gainesville, Florida, 1996). Proceedings. Orlando, Florida, p. 83.
- Gravena, S. 2001. "Vespinha importada controla minadora": *Ageniaspis citricola*, a microvespa que veio da Flórida, se deu bem na citricultura brasileira e foi um sucesso no controle biológico da Minadora dos Citros. *Citricultura Atual* no. 22, p. 14-15.

- Heppner, JB. 1993. Citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella*, in Florida (Lepidoptera: Gracillariidae: Phyllocnistinae). *Tropical Lepidoptera* 4(1):49-64.
- Hintze, J. 2004. NCSS and PASS - Number cruncher statistical systems. Kaysville, Utah. Disponível em: <http://www.ncss.com>. Acesso em: 2004.
- Hoy, AM; Nguyen, R. 1997. Classical biological control of the citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* Stainton. *Tropical Lepidopterae* 8(1):1-20.
- IPAGRO. 1989. Seção de Ecologia Agrícola. Atlas agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 3 v.
- Jahnke, SM; Redaelli, LR; Diefenbach, LMG. 2005. Complexo de parasitoides de *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera, Gracillariidae) em dois pomares de citros em Montenegro, RS, Brasil. *Iheringia* 95(4):359-363.
- Katole, SR; Ughade, RG; Ingle, HV; Satpute, US. 1997. Effect of weather parameters on the incidence of citrus leafminer (*Phyllocnistis citrella* Stainton). *PKV Research Journal* 21(2): 252-253.
- Knapp, JL; Albrigo, LG; Browning, HW; Bullock, RC; Heppner, JB; Hall, DG; Hoy, MA; Nguyen, R; Peña, JE; Stansly, PA. 1995. Citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* Stainton: current status in Florida. Gainesville, Florida, US, University of Florida. (Bulletin of the University of Florida. 35 p.
- Lioni, ASR; Cividanes, F. 2004. Tabela de vida ecológica do minador-dos-citros, *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae). *Neotropical Entomology* 33(4):407-415.
- Mafi, SA; Ohbayashi, N. 2004. Seasonal prevalence of the citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) and its parasitoids in controlled and uncontrolled *Citrus iyo* groves in Ehime Prefecture, Japan. *Applied Entomology and Zoology* 39(4):597-601.
- Maluf, JRT. 2000. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia* 8(1): 141-150.
- Margaix, C; Jacas, J; Garrido, A. 1998. Parámetros de reproducción de *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) en condiciones controladas. *Boletín Sanidad Vegetal Plagas, Madrid*. 24:207-218.
- Montes, SMNM; Boliani, AC; Papa, G; Cerávolo, A; Rossi, AC; Namekata, T. 2001. Ocorrência de parasitoides da larva minadora dos citros *Phyllocnistis citrella* Stainton, no município de Presidente Prudente, SP. *Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo*. 68(2):63-66.
- Nascimento, FN.; Santos, W; Pinto, JM.; Cassino, PCR. 2000. Parasitismo em larvas de *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) no Estado do Rio de Janeiro. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 29(2):377-379.
- Neale, C; Smith, D; Beattie, GAC; Miles, M. 1995. Importation, host specificity testing, rearing and release of three parasitoids of *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) in Earsten Australia. *Journal of the Australian Entomological Society* 34:343-348.
- Paiva, PB; Gravena, S; Amorim, LCS. 2000. Introdução do parasitóide *Ageniaspis citricola* Logvinovskaya para controle biológico da minadora das folhas dos citros *Phyllocnistis citrella* Stainton no Brasil. *Laranja, Cordeirópolis*. 29(1):149-154.
- Parra, JRP; Bento, JMS; Chagas, MCM; Yamamoto, PT. 2005. O controle biológico da larva-minadora-dos-citros. *Visão Agrícola* 1:64-67.
- Pomerinke, MA; Stansly, PA. 1998. Establishment of *Ageniaspis citricola* (Hym., Encyrtidae) for biological control of *Phyllocnistis citrella* (Lep., Gracillariidae) in Florida. *Florida Entomologist* 81(3):361-372.
- Prates, HS; Nakano, O; Gravena, SA. 1996. A "minadora das folhas de citros" *Phyllocnistis citrella* Stainton 1856. Campinas, BR, CATI. p. 2-8. (Comunicado Técnico 129).
- Putruele, MTG; Petit Marty, N. 2000. Control biológico de "minador de las hojas de los cítricos" en Concordia, Entre Ríos. *El Horizonte del Productor* 2(11):30-33.
- Ripollés, JL. 1997. Estrategia de lucha contra el minador de los cítricos bajo el punto de vista del control integrado de plagas. *Levante Agrícola* no. 341:318-326.
- Sá, LAN; Costa, VA; De Nardo, EAB; Arellano, A; Fuini, LC. 1998. Parasitismo da larva minadora da folha de citros, *Phyllocnistis citrella*, no município de Jaguariúna, SP. *In Congresso Brasileiro de Entomologia (17, Río de Janeiro, 1998)*. Resumos. Rio de Janeiro. p. 65.
- Sá, LAN; Costa, VA; Oliveira, WO; Almeida, GR. 2000. Parasitoids of *Phyllocnistis citrella* in Jaguariúna, state of São Paulo, Brazil, before and after the introduction of *Ageniaspis citricola*. *Scientia Agrícola* 57(4):799-801.
- Schauff, ME; Lasalle, J; Wijesekara, GA. 1998. The genera of the Chalcid parasitoids (Hymenoptera: Chalcidoidea) of citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae). *Journal of Natural History* 32:1001-1056.
- Segade, G. 2002. Aspectos biológicos del minador de la hoja de los cítricos *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) en el Noreste de la provincia de Buenos Aires, 2002. INTA - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuária. Consultado 10 janeiro 2006. Disponível em [http://www.inta.gov.ar/sanpedro/info/doc/prv/gs\\_005.htm](http://www.inta.gov.ar/sanpedro/info/doc/prv/gs_005.htm)
- Suckling, DM; Gibb, AR; Burnip, GM. 2001. Sticky pane monitoring of froggatt's apple leafhopper and two beneficial insects in three orchard management systems New Zealand Plant Protection, Hamilton: New Zeland. 54:1-9.
- Tirado, LG. 1995. Daños causados por los ataques de *Phyllocnistis citrella* stainton (Lepidoptera: Gracillariidae), y su repercusión sobre la producción de árboles adultos de cítricos. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas* no. 23:73-91.
- Urbaneja, A; Jacas, J; Verdú, MJ; Garrido, A. 1998. Dinámica e impacto de los parasitoides autóctonos de *Phyllocnistis citrella* Stainton, en comunidad valenciana. *Investigación Agrária: Producción y protección vegetales* 13(3):409-423.
- Urbaneja, A; Llácer, E; Tomás, Ó; Garrido, A; Jacas, J. 2000. Indigenous natural enemies associated with *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in Eastern Spain. *Biological Control* 18:199-207.
- Weissling, TJ; Knight, AL. 1994. Passive trap for monitoring codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) flight activity. *Journal of Economic Entomology* 87(1):103-107.
- Willink, E; Salas, H; Costilla, MA. 1996. El minador de la hoja de los cítricos, *Phyllocnistis citrella* en el NOA. *Avance Agroindustrial* 16(65):15-20.

# Avances en el control biológico de *Botrytis cinerea* en chile y tomate cultivados bajo techo

Williams Salas Brenes<sup>1</sup>  
Vera Sánchez Garita<sup>2</sup>

**RESUMEN.** Se aislaron hongos con potencial antagonista sobre *Botrytis cinerea*, los cuales fueron evaluados en el laboratorio en cámaras húmedas usando hojas desprendidas. Los mejores antagonistas se evaluaron tanto en invernadero experimental como en invernadero comercial. Los antagonistas 0411 y 1411 (ambos del género *Trichoderma*) mostraron el mejor efecto y consistencia en su control sobre el patógeno; por eso, se les consideró con potencial para el control biológico de *B. cinerea*. Además, se encontró correlación entre la humedad relativa máxima y la humedad relativa mínima con la cantidad de flores infectadas por el patógeno. Esto revela la importancia del manejo del agua dentro del invernadero como medida para el control de enfermedades. Se caracterizó y documentó el manejo de enfermedades de tomate en una finca de producción orgánica. Se realizaron tres siembras del híbrido Montaña Fresca, presentándose como principales enfermedades tizón temprano (*Alternaria solani*) y tizón tardío (*Phytophthora infestans*); ésta última es la más difícil de manejar, con niveles de infección de hasta 100%. Se evaluaron varias opciones de manejo, pero los mejores resultados se obtuvieron con la utilización de extractos de plantas y otros minerales como azufre, ceniza y cobre.

**Palabras clave:** plaguicidas microbianos, antagonistas fúngicos, moho gris, *Phytophthora infestans*, tizón tardío, control de enfermedades, horticultura orgánica.

**ABSTRACT.** Biological control of *Botrytis cinerea* on pepper and tomato crops under greenhouse conditions. We isolated fungi with antagonistic potential over *Botrytis cinerea*, which is one of the most important pathogens in these and other greenhouse plants. The fungi were evaluated in humid chambers by using detached leaves. The best ones were evaluated in an experimental greenhouse and in a commercial one. Antagonists 0411 and 1411 (both belonging to *Trichoderma*) showed the best results and consistency in controlling the pathogen. There was a correlation between the maximum relative humidity and the minimum relative humidity with regard to the amount of flowers infected by the pathogen. This reveals the importance of managing water inside the greenhouse as a way to control these and other diseases. We characterized and documented tomato diseases in an organic production farm. Three sowings of the hybrid Montaña Fresca were carried out. The main diseases presented in these cases were early blight (*Alternaria solani*) and late blight (*Phytophthora infestans*); the latter was the most difficult to control, as it presented infection levels that reached 100%. Several control alternatives were evaluated, but the best results were obtained when using extracts from plants and other minerals such as sulfur, ashes and copper. Cultural practices such as cutting parts of plants, foliar drying with air, cultivation under a plastic cover and irrigation management provided good results, also.

**Keywords:** microbial pesticides, fungal antagonists, grey mould, *Phytophthora infestans*, late blight, plant disease control, organic horticulture.

## Introducción

El chile dulce (*Capsicum annuum*) y el tomate (*Lycopersicon esculentum*) son considerados entre los productos hortícolas de mayor importancia en Costa Rica, tanto por la actividad económica asociada a su producción como por su riqueza nutritiva. Según SEPSA (2002), en 1995 se plantaron 208 ha de tomate, que produjeron 8319 t, mientras que en 2001 se cosecharon 49.746 t de 1413 ha plantadas. Aunque los precios de ambos cultivos varían mucho en las diferentes épocas del año y no siguen un

patrón, los precios promedio por año hacen que la actividad sea rentable. El precio promedio para el chile dulce en el período 1996-2001 fue de US\$ 0,20 la unidad y el costo de producción de US\$ 0,14, mientras que para el tomate fue de US\$ 0,65 el kg y el costo de producción fue de US\$ 0,44 (Sandoval 2002).

En el campo no pueden modificarse las condiciones climáticas, por lo que el cultivo es muy riesgoso, mientras que la producción bajo techo o en ambiente controlado (invernadero) permite aumentar la productividad mediante

<sup>1</sup> Vigilancia Control de Plagas, Servicio Fitosanitario del Estado, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Cartago, Costa Rica. wsalas@protectnet.go.cr  
<sup>2</sup> CATIE, Turrialba 7170, Costa Rica. sanchezv@catie.ac.cr

el manejo de algunos factores meteorológicos como temperatura, luz y humedad (Morgan 1984, Salazar y Castro 1994). Sin embargo, el cultivo en ambiente controlado presenta algunos problemas, entre ellos plagas y enfermedades, que la mayoría de los productores controlan con la aplicación de gran cantidad de productos químicos. Entre las enfermedades más severas se encuentra el moho gris, causada por el hongo *Botrytis cinerea*, que ataca flores, frutos y tallos de plantas de chile y tomate, causando serios daños al cultivo y pérdidas económicas a los productores (Virgen et ál. 1991, Eden et ál. 1996).

El uso continuo de productos químicos para el control de esta enfermedad ha provocado que la población del hongo sea cada vez más resistente (Elad et ál. 1992, Leroux et ál. 1999, Melgarejo et ál. 2002). Además, existe el riesgo de contaminación, que se incrementa al usar plaguicidas en condiciones intensivas y ambientes cerrados, en primer lugar porque los trabajadores están más expuestos a los plaguicidas, y en segundo lugar porque aumenta la posibilidad de contaminación de aguas subterráneas, por la concentración de plaguicidas en áreas pequeñas. Por otro lado, las hortalizas que llegan al consumidor pueden presentar mayor cantidad de residuos, que en condiciones campo abierto serían lavados por la lluvia.

Entre las opciones de manejo en invernaderos se ha considerado el control biológico, que aunque puede ser de acción más lenta ofrece la posibilidad de ser más estable, duradero y con menos daños al ambiente (Borda y Arbeláez 1985). Debido a lo anterior y dada la importancia que está adquiriendo el cultivo de chile y tomate en invernadero, se consideró necesario realizar investigaciones que permitan encontrar controladores biológicos de *Botrytis cinerea*.

El género *Botrytis* pertenece a la clase Hyphomycetes, orden Moniliales, y fue uno de los primeros géneros de hongos descritos. Su nombre, así como los síntomas de la enfermedad que produce (moho gris), son conocidos desde hace muchos años. Las enfermedades causadas por este hongo son probablemente las más comunes y más ampliamente distribuidas en el mundo. Este patógeno ataca principalmente hortalizas, frutales, plantas ornamentales y muchos productos almacenados; puede afectar casi todas las partes de la planta (Elad 2000, Rosslenbroich 2000).

*B. cinereas* es fácilmente aislado del suelo donde crece como saprofito; dado su crecimiento en material en descomposición, este es posiblemente la principal fuente de inóculo. La enfermedad se desarrolla en ciclos secundarios sucesivos que se traslapan y se confunden (Sherf y Mac Nab 1986). El hongo sobrevive en el suelo como micelio en plantas muertas, donde forma esclerocios que permanecen latentes. Aunque no puede infectar semillas, puede ser

diseminado mediante semillas contaminadas o en trozos de plantas infectadas. El hongo requiere temperaturas de 18 a 23 °C para un buen crecimiento, esporulación, liberación de esporas, germinación de las mismas e infección. En el campo, la incidencia de la enfermedad aumenta cuando hay períodos prolongados de humedad y temperaturas de entre 15 y 20 °C, sobre todo durante la floración y la maduración de los frutos (Latorre et ál. 1997). Las esporas que germinan sobre la planta rara vez penetran directamente en los tejidos que muestran crecimiento activo; por lo general, lo hacen a través de heridas, o después de haber formado micelio. Prefieren los pétalos de flores senescentes y follaje moribundo de las plantas (INFOAGRO 2003).

Varios autores consideran que es posible manejar las condiciones microclimáticas en los invernaderos para prevenir el desarrollo de las enfermedades. La humedad relativa se considera entre las principales condiciones meteorológicas por considerar para el manejo de *B. cinerea*. Dentro del invernadero, la humedad relativa debe mantenerse entre 50% y 60%, debido a que a humedades superiores el cultivo es más susceptible al ataque (Shtienberg y Elad 1997, Moyano et ál. 2003).

### Control biológico

Se han descrito diversos hongos y bacterias como controladores biológicos del moho gris. Entre los hongos más estudiados se encuentran especies de *Trichoderma* y *Cladosporium*, particularmente *Trichoderma harzianum* (Zimand et ál. 1996, Silva-Ribeiro et ál. 2001). Varios aislamientos han resultado eficaces para el control de este patógeno en cultivos dentro de invernadero (Eden et ál. 1996).

Eden et ál. (1996) encontraron una reducción de la infección en tomate hasta del 100% utilizando *T. harzianum* y *Cladosporium cladosporioides*. En esta investigación, partes terminales de tallo de tomate de 40 mm de longitud fueron introducidos en una solución de esporas del *B. cinerea* ( $2 \times 10^3 \text{ ml}^{-1}$ ) y luego secadas con aire durante 1 hora y sumergidas en una suspensión de esporas del antagonista. El mejor nivel de protección se obtuvo con una concentración de  $1 \times 10^8$  conidias por mililitro de agua, aplicada dos horas después de inocular el patógeno. Similares resultados se observaron en invernadero en plantas que habían sido podadas y a las que se les aplicó las mismas concentraciones de patógeno y antagonistas.

Elad y Zimand (1993) encontraron una reducción del 90% del daño causado por *B. cinerea* en plantas de pepino cultivadas en invernadero con la aplicación de *T. harzianum*. El antagonista incrementó su capacidad de controlar la enfermedad cuando la temperatura fue superior a 20 °C y la humedad relativa alrededor de 80%. Sin embargo, con humedad

relativa cercana al 100% no se observó efecto alguno. Latorre et ál. (1997) recomiendan que los tratamientos con este hongo sean complementados con fungicidas convencionales cuando las condiciones ambientales son altamente favorables para el desarrollo de la enfermedad. Kohl et ál. (1998) encontraron un resultado similar al aplicar una suspensión de conidias de *Ullocladium atrum* o *Gliocladium roseum*,  $1 \times 10^6$  ml<sup>-1</sup> y  $2 \times 10^6$  ml<sup>-1</sup>, respectivamente, para el control de *B. cinerea* en plantas de ciclamen (*Cyclamen persicum* L.).

En cuanto al uso de bacterias, Mari et ál. (1996) identificaron 13 cepas de *Bacillus amyloliquefaciens* que fueron activas contra *B. cinerea*.

### Materiales y métodos

El presente estudio consistió en el aislamiento y multiplicación de *B. cinerea*, así como en el aislamiento y la evaluación de antagonistas en invernadero experimental y comercial. Los trabajos se realizaron en el Laboratorio e Invernadero de Fitopatología de la Unidad de Fitoprotección del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), así como en un invernadero comercial ubicado en San Antonio de Santa Cruz de Turrialba, propiedad del señor Gerardo Arias.

#### Aislamiento del patógeno y los antagonistas

Se recolectaron tallos infectados con *B. cinerea* en invernaderos comerciales de chile y tomate en tres localidades: Cervantes, La Urieta y San Antonio, los cuales se colocaron en una cámara húmeda para estimular el crecimiento del hongo. Cuando se observó la esporulación del patógeno, este se aisló en medio papa-dextrosa-agar (PDA), incubado a 22 °C con luz fluorescente alterna cada 12 horas. Se usó una mezcla de los aislamientos obtenidos para evaluar los antagonistas.

Para obtener los antagonistas se tomaron muestras del suelo, tallos, hojas y raíces de plantas sanas de cultivos donde la enfermedad estaba presente para garantizar la obtención de antagonistas bajo una alta presión de inóculo del patógeno. Las muestras se colocaron en agua destilada y se agitaron durante 20 minutos; el extracto se cultivó en PDA a 22 °C, y los aislamientos puros se conservaron para las siguientes pruebas.

#### Selección y evaluación de antagonistas

Se realizó una preselección de antagonistas cultivados en PDA, seleccionando principalmente hongos que la literatura reporta con potencial antagonista, la mayoría del género *Trichoderma* sp. Posteriormente, se llevó a cabo una selección en placas precolonizadas con cultivos puros del patógeno. Sobre el crecimiento del patógeno se colocó una

gota de suspensión de esporas de cada uno de los hongos previamente aislados. La metodología permitió seleccionar únicamente 16 cepas de hongos capaces de alimentarse del patógeno y por lo tanto hiperparásitos.

Las 16 cepas que mostraron efecto hiperparasítico se evaluaron en grupos de cuatro en bionsayos en hojas desprendidas de tomate. Se colocó una hoja de tomate con cinco foliolos en una cámara húmeda como unidad experimental; en cada uno de los foliolos se colocó una gota (20  $\mu$ l) de suspensión de esporas de *B. cinerea* ( $1 \times 10^6$  conidias ml<sup>-1</sup>). Pasadas 24 horas, cada hoja se asperjó con 2,5 ml de suspensión de esporas del antagonista ( $1 \times 10^6$  ml<sup>-1</sup>). Doce días después se evaluó el porcentaje de foliolos que desarrollaron la enfermedad.

Los aislamientos que presentaron buen efecto antagonista y fácil crecimiento se evaluaron en el invernadero experimental del CATIE. Se usaron plantas de chile de la variedad cultivada Trópico Irazú. A cada planta de 12 semanas de edad se le dobló una rama para favorecer el inicio de la infección y se asperjó toda la planta con una suspensión de conidias ( $1 \times 10^6$  conidias ml<sup>-1</sup>). A las 48 horas se le asperjó una suspensión de esporas del patógeno a toda la planta a la misma concentración. La infección se desarrolló en ramas, frutos y flores, siendo este último el órgano que presentó la mayor regularidad e incidencia, por lo que se eligió para hacer las mediciones.

Se utilizaron seis tratamientos, que consistieron en cuatro suspensiones de antagonistas correspondientes a cada cuatro aislamientos seleccionados, un testigo al que solo se le aplicó agua y otro al que solo se le aplicó *B. cinerea*. Se evaluaron cuatro plantas por tratamiento en un diseño irrestricto al azar y se midió como variable de respuesta el número de flores enfermas por planta por semana a partir de 10 días después de la inoculación del patógeno. Esta etapa también incluyó la recolección de datos de temperatura y humedad relativa dentro del invernadero.

Se realizó un análisis multivariado (prueba de esfericidad) para comprobar la independencia de las unidades experimentales. Luego se realizó un análisis de varianza como parcelas divididas en el tiempo para comprobar la diferencia entre tratamientos y la diferencia entre las mediciones en el tiempo. Para establecer la relación entre el desarrollo de la enfermedad y cada una de estas variables meteorológicas, se realizaron pruebas de correlación con datos meteorológicos de la misma semana, una y dos semanas antes de la medición.

Los mismos tratamientos evaluados en el invernadero experimental fueron evaluados en un invernadero comercial (San Antonio). El diseño experimental y análisis de los datos fueron los mismos que en el experimento en

invernadero experimental, excepto que no se tomaron datos de temperatura y humedad relativa.

## Resultados y discusión

### Selección de antagonista

De las muestras de tejido y suelo se obtuvo más de 200 aislamientos de microorganismos, de los cuales se seleccionaron 60 aislamientos de hongos que crecieron bien en PDA y que la literatura reporta con potencial como hiperparásitos, principalmente *Trichoderma* sp. Este género se cita en muchas investigaciones como agente de control biológico de patógenos, debido a su abundancia, rápido crecimiento y color oscuro, que proporciona resistencia a la luz solar. Se rechazaron bacterias y otros microorganismos de manejo más difícil. Las 60 cepas de hongos se conservaron en nitrógeno líquido, para futuras investigaciones, antes de ser evaluadas en placas precolonizadas, donde se seleccionaron los 16 que mostraron mejor crecimiento (hiperparásitos) sobre *B. cinerea* (Cuadro 1).

En los bioensayos en hojas desprendidas los primeros síntomas de moho gris se observaron en la mayoría de los tratamientos cuatro días después de que los folíolos fueron inoculados con el patógeno, pero se evaluaron a los 12 días cuando los primeros tratamientos alcanzaron el 50% de incidencia, lo cual ocurrió cuando las hojas empezaron a necrosarse.

Los mejores antagonistas obtenidos en las cuatro pruebas en hojas desprendidas fueron 0411, 1411, APP160,

**Cuadro 1.** Cepas de hongos antagonistas de *B. cinerea* obtenidos en placas precolonizadas

Antagonista	Origen	Procedencia <sup>a</sup>
1414	Hoja de tomate	Torito
1413	Tallo de tomate	CATIE
1411	Suelo	CATIE
1119	Tallo de tomate	La Urieta
2602	Suelo	Colorado
0408	Suelo	San Antonio
0412	Tallo de chile	San Ramón
0403	Tallo de tomate	Torito
APP160	No disponible	CATIE
1107	Hoja de Chile	CATIE
0411	Tallo de Chile	San Antonio
1411	Suelo	CATIE
1407	Suelo	Torito
0406	Suelo	San Ramón
1102	Tallo de chile	Urieta
1105	No disponible	CATIE

Notas: Todos los antagonistas pertenecen al género *Trichoderma*, excepto el 1119, que pertenece al género *Fusarium*. <sup>a</sup>CATIE = Colección de antagonistas del CATIE; todos los demás sitios se encuentran en el cantón de Turrialba.

**Cuadro 2.** Mejores antagonistas de *Botrytis cinerea* inoculada en hojas desprendidas

Antagonista	Incidencia (%)
0411	10
APP 160	15
1107	25
1411	40
1102	50
1407	55

1107, 1102 y 1407 (Cuadro 2). De los seis (todos del género *Trichoderma*), los cuatro primeros fueron evaluados tanto en invernadero experimental como en invernadero comercial. La selección se hizo tomando en cuenta los menores porcentajes de infección observados. El único *Fusarium* sp. (1119) evaluado no presentó un buen efecto antagonista sobre *B. cinerea*; no obstante, miembros de este género han sido citados con potencial antagonista sobre *B. cinerea* (Paulitz y Bélanger 2001, Sánchez et al. 1998).

En el bioensayo realizado en el invernadero experimental el moho gris se desarrolló y esporuló muy bien en ramas dobladas que, aunque presentan una lesión extensa, conservan una parte del tejido sano y adherido, resultado que coincide con lo observado por Kohl et al. 1998. Según Utkhede y Mathur (2002), *B. cinerea* se desarrolla como saprofito en hojas y flores senescentes de las plantas de tomate y chile y, si las condiciones de nutrientes son adecuadas, produce el micelio que invade partes sanas de la planta. Este es un aspecto de manejo que los productores deben tomar en cuenta, ya que durante las labores de cultivo dentro del invernadero se producen heridas en las plantas, principalmente tallos doblados, que posteriormente son atacados por el hongo, desde donde este se dispersa e infecta otras plantas.

La menor cantidad de flores enfermas correspondió al testigo absoluto (solamente agua) (Figura 1A); lo cual refleja cantidades muy bajas de inóculo natural. Los tratamientos con las cepas 0411 y 1411 presentaron diferencias significativas frente al testigo, de 37 y 38%, respectivamente. A su vez, el aislamiento 0411 mostró un porcentaje de incidencia menor en hojas desprendidas.

En el bioensayo en invernadero comercial hubo poca presencia de la enfermedad, a pesar de que se hizo la inoculación artificial, lo que conduce a suponer que las condiciones meteorológicas no favorecieron al patógeno. El mayor daño fue de 1,5 flores por planta de 13 flores que la planta tenía en total, lo que representa un 11%. Es posible que la humedad relativa fuera inferior a 95% y la temperatura superior a 20 °C durante períodos prolongados.

El menor número de flores enfermas observadas en el experimento en invernadero comercial (Figura 1B) se

obtuvo con el testigo de agua y con los tratamientos 0411 y 1411, diferencias que fueron significativas con el testigo donde se aplicó únicamente *B. cinerea*. En este experimento, el mejor antagonista fue el 1411, con el cual se redujo la cantidad de flores enfermas en un 29%, seguido de 0411, que mostró un 23% de reducción de la enfermedad.

En el invernadero comercial (Figura 2A) la enfermedad se desarrolló a partir de la primer semana de medición (que correspondió a los 10 días de aplicado el patógeno), aumentó durante la segunda semana y se estabilizó durante las siguientes. Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre la primera semana y el resto de evaluaciones. A diferencia del experimento en el invernadero del CATIE (Figura 2A), donde la enfermedad se mantuvo a partir de la segunda semana; esto obedece a mejores condiciones de humedad y temperatura para el desarrollo del patógeno, ya que las plantas en ambos invernaderos tenían las mismas condiciones de edad, manejo y tratamientos. Además, se observa que la enfermedad se redujo completamente, lo cual está directamente correlacionado con la reducción de la humedad relativa de 97 a 91%.

Si se comparan estos resultados con los obtenidos en los bioensayos de hojas desprendidas, se puede observar que el aislamiento 0411, que presentó las incidencias más

bajas en las hojas, también presentó los números más bajos de flores enfermas en las pruebas de invernadero. Este resultado permite suponer que tiene potencial como antagonista (posiblemente hiperparásito). Además, demuestra que es factible encontrar antagonistas de *B. cinerea* mediante el método propuesto.

La persistencia del efecto antagonista durante tres semanas en el invernadero experimental y durante dos semanas en el invernadero comercial sugiere que estos controladores deben ser aplicados repetidas veces, tal como ocurre con los fungicidas comerciales. Su supervivencia en la superficie de las hojas depende tanto de su capacidad de colonizar la planta, como de las condiciones ambientales y de manejo. Moyano et ál. (2003) aplicaron un producto a base de *T. harzianum* (T 39) en hojas de tomate, y encontraron que la población fue alta en los primeros días después de cada aplicación, pero luego decreció a tal punto que 20 días después de la aplicación solamente quedaba un 6%.

El desarrollo de la enfermedad fue mayor en el invernadero comercial que en el experimental (Figura 2B), especialmente en las semanas finales. Es posible que la presión de inóculo más alta redujera el efecto de los antagonistas a dos semanas, en comparación con las tres semanas que tuvieron en el experimental. Aunque la mayoría de los experimentos con antagonistas para *B. cinerea* se han realizado utilizando  $1 \times 10^6$  esporas  $\text{ml}^{-1}$ , que además presentó el mejor control en las pruebas preliminares de esta investigación, es posible que al aumentar la concentración de los antagonistas se observe un mejor control contra el patógeno y que el período de control aumente.

Sutton et ál. (2002) encontraron una correlación negativa entre la concentración de *Clonostachys rosea* y la esporulación de *B. cinerea* en tallos de tomate en cultivo hidropónico en invernadero. Sin embargo, aumentar la dosis del antagonista a nivel experimental contrasta con lo propuesto por algunos autores, quienes consideran que para selección de antagonistas, las condiciones deben ser favorables al patógeno, para que los antagonistas seleccionados sean los mejores. Se observó además que el grado de control de algunos antagonistas evaluados varió de una semana a otra. Esto puede atribuirse a los requerimientos que cada antagonista posee para su establecimiento sobre la planta (Shtienberg y Elad 1997).

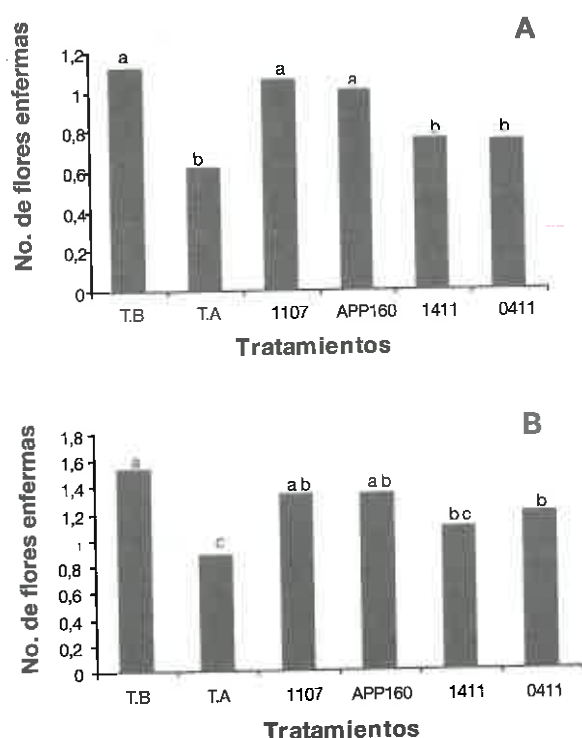


Figura 1. Número total de flores enfermas (*B. cinerea*) por tratamiento: cuatro cepas de antagonista (1107, APP 160, 1411 y 0411), un testigo donde se aplicó únicamente agua (TA) y un testigo donde se aplicó únicamente el patógeno (TB). A en el experimento realizado en el invernadero experimental de CATIE; B en el experimento realizado en el invernadero comercial de San Antonio.

#### El efecto de factores climáticos sobre el desarrollo de la enfermedad

La disminución de la enfermedad fue mayor que la disminución en la humedad relativa máxima y mínima. Esto se explica si se considera que las condiciones óptimas para



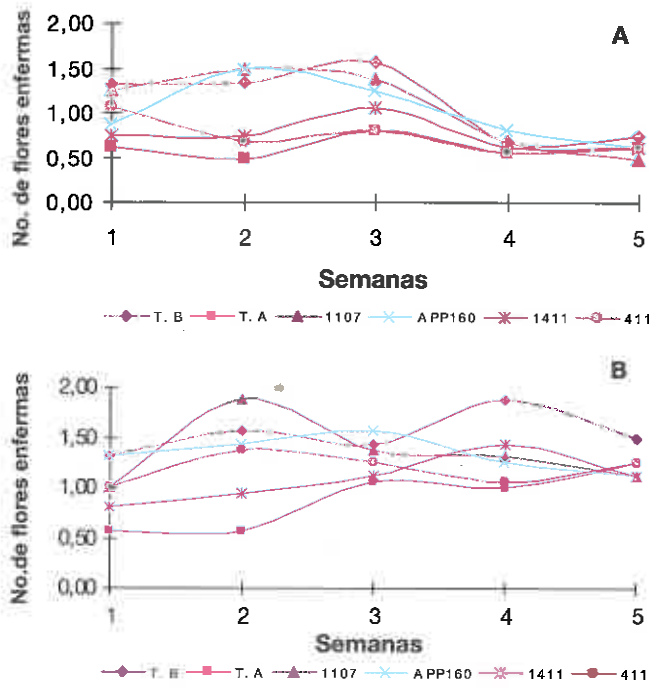


Figura 2. Número de flores enfermas por *B. cinerea* por semana en los tratamientos evaluados: (A) en el invernadero experimental de CATIE; (B) en invernadero comercial de San Antonio.

*B. cinerea* son de entre 96 y 100% de humedad relativa, por lo que cambios en ese rango provocan reducciones grandes en la severidad de la enfermedad. Moyano et ál. (2002) consideran que una humedad relativa inferior a 96% y una temperatura superior a 26 °C son condiciones subóptimas para *B. cinerea* y mencionaron que, en estos casos, el progreso de la enfermedad es lento o nulo.

La humedad relativa y la temperatura tienen una relación inversa, de manera que en aquellas semanas en que la incidencia de la enfermedad es alta (al igual que la humedad relativa), la temperatura es baja, aunque la correlación no fue significativa (Figura 3). Según Jarvis (1992), la baja humedad relativa durante el día se explica por el rápido aumento de la temperatura en la mañana sin que el aire absorba humedad con la misma velocidad. Por la noche ocurre lo contrario.

Jarvis (1992) encontró que la temperatura de las hojas, flores y frutos puede diferir significativamente de la temperatura del aire, y cuando la temperatura de estas partes de la planta es baja pueden ser afectadas por los patógenos. Los cambios de temperatura también desempeñan un papel importante en la condensación sobre flores y frutos y, por lo tanto, en el desarrollo de enfermedades como las provocadas por *B. cinerea*. De Vis (1999) menciona que los botones florales y los frutos de chile y tomate son cuerpos fríos sobre los cuales se condensa agua cuando baja la temperatura, condición que es óptima para la germinación

de esporas de *B. cinerea*. Ninguno de estos factores fue medido en este experimento.

Durante las cinco semanas de evaluación, tanto la temperatura como la humedad relativa siguieron un patrón en el cual la temperatura fue máxima en el día y bajó durante la tarde, la noche y hasta las primeras horas de la mañana, pero su promedio fue 25 °C, lo cual no favorece el desarrollo de la enfermedad. El promedio de humedad relativa fue de 70%, obteniendo el mínimo en un solo momento alrededor de medio día, y las máximas abarcaron períodos largos durante la noche hasta las primeras horas de la mañana y variaron entre 91 y 97%. Por eso, consideramos que la variación en la enfermedad fue consecuencia principalmente de la humedad relativa.

Los antagonistas 0411 y 1411 (ambos del género *Trichoderma*) mostraron potencial como agentes de control biológico *B. cinerea*. Sin embargo, en futuras investigaciones se deben evaluar diferentes concentraciones y mezclas de las cepas, así como formulaciones y sustratos que mejoren el efecto de estos antagonistas.

La metodología utilizada en este experimento fue eficaz para la selección y evaluación de antagonistas de *B. cinerea*, principalmente hiperparásitos aislados de las hojas de la planta, pero dado que el efecto de la enfermedad es sobre flores y por lo tanto incide directamente sobre la producción, se recomienda que en futuras evaluaciones se evalúe la producción.

La correlación positiva entre la humedad relativa máxima y la humedad relativa mínima con la cantidad de flores infectadas por el patógeno sugiere la importancia de manejar el riego dentro del invernadero, usando el mínimo de agua, como estrategia en el manejo de esta enfermedad, al igual que la importancia de repetir los bioensayos en diferentes épocas del año para evaluar la eficacia de los antagonistas bajo diferentes condiciones ambientales.

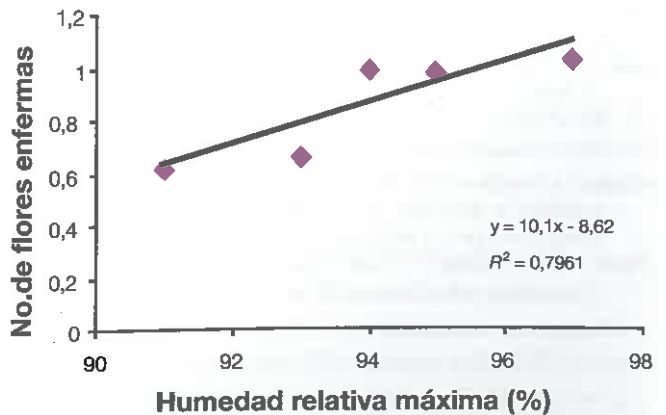


Figura 3. Relación entre la humedad relativa máxima de la misma semana y la cantidad de flores enfermas por *Botrytis cinerea* en plantas de chile en invernadero experimental.

En condiciones de invernadero, el efecto de los antagonistas evaluados se redujo transcurridas tres semanas, lo cual sugiere que se deben realizar aplicaciones sucesivas para mantener los niveles de control durante todo el ciclo de cultivo.

Se observó que *B. cinerea* aprovecha muy bien las heridas, particularmente las ramas dobladas, como puerta de entrada a la planta. Por lo tanto se recomienda evitar lesiones durante las labores de cultivo. Por último, se recomienda evaluar la compatibilidad de la aplicación de los antagonistas 0411 y 1411 y los fungicidas químicos de uso frecuente, pues en la producción convencional puede ser necesario integrar el control biológico con otros métodos de manejo, incluyendo la utilización de productos químicos.

### Literatura citada

- Borda, F; Arbeláez, G. 1985. Control del marchitamiento vascular del pepino ocasionado por *Fusarium oxysporum* Schl. Con el aislamiento T-95 de *Trichoderma harzianum* Rifai. Fitopatología Colombiana 11(2):10-15.
- De Vis, R. 1999. Factores en el control de clima en invernaderos. In *Clima, Fisiología y Producción de Cultivos Bajo Invernadero*. Bogotá, CO, Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales CIAA, Universidad de Bogotá. p. 9-17.
- Eden, MA; Hill, RA; Steward, A. 1996. Biological control of *Botrytis* stem infection of greenhouse tomatoes. *Plant Pathology* 45:276-284.
- Elad, Y. 2000. *Trichoderma harzianum* T39 preparation for biocontrol of plant diseases control of *Botrytis cinerea*, *Sclerotinia sclerotiorum* and *Cladosporium fulvum*. *Biocontrol Science and Technology* 10:499-507.
- Elad, Y; Zimand, G. 1993. Use of *Trichoderma harzianum* in combination or alternation with fungicides to control cucumber grey mould (*Botrytis cinerea*) under commercial greenhouse conditions. *Plant Pathology* 42:324-332.
- Elad, T; Yunis, H; Katan, T. 1992. Multiple fungicide resistance to benzimidazoles, dicarboximides and diethofencarb in field isoletes of *B. cinerea* in Israel. *Plant Pathology* 41:41-46.
- INFOAGRO. 2003. *Botrytis cinerea*, agente causal de la podredumbre gris. Técnicas para el control (en línea). Consultado 30 set. 2003. Disponible en <http://www.infoagro.com/abonos/botrytis.asp>
- Jarvis, WR. 1992. *Managing diseases in greenhouse crops*. ST Paul, US, American Phytopathological Society. 228 p.
- Kohl, J; Gerlagh, M; De Haas, B; Krijger, M. 1998. Biological control of *Botrytis cinerea* in cyclamen with *Ulocladium atrum* and *Gliocladium roseum* under commercial growing conditions. *Phytopathology* 88(6):568-575.
- Leroux, P; Chapeland, F; Desbrosses, D; Gredt, M. 1999. Patterns of cross-resistance to fungicides in *Botryotinia fuckeliana* (*Botrytis cinerea*) isolates from French vineyards. *Crop Protection* 18:687-697.
- Latorre, BA; Agostín, E; San Martín, R; Vázquez, GS. 1997. Effectiveness of conidia of *Trichoderma harzianum* produced by liquid fermentation against *Botrytis* bunch rot of table grape in Chile. *Crop Protection* 16(3):209-214.
- Mari, M; Guizzardi, M; Brunelli, M; Folchi, A. 1996. Postharvest biological control of grey mould (*Botrytis cinerea* pers.: Fr.) on fresh-market tomatoes with *Bacillus amyloliquefaciens*. *Crop Protection* 15(8):699-705.
- Melgarejo, P; Raposo, R; Moyano, C; Gómez, V. 2002. Control integrado de *Botrytis cinerea* en cultivos horticolas de invernadero. *Phytoma* (España) 135:125-127.
- Morgan, VM. 1984. The effect of night temperature and glasshouse ventilation on the incidence of *Botrytis cinerea* in a late-planted tomato crop. *Crop Protection* 3:243-251.
- Moyano, C; Raposo, R; Gómez, V; Melgarejo, P. 2003. Integrated *Botrytis cinerea* management in southeastern Spanish greenhouses. *Journal of Phytopathology* 151:80-85.
- Paulitz, TC; Bélanger, RR. 2001. Biological control in greenhouse systems. *Annual Review of Phytopathology* 39:103-133.
- Rosslensbroich, HJ; Stuebler, D. 2000. *Botrytis cinerea* – history of chemical control and novel fungicides for its management. *Crop Protection* 19:557-561.
- Salazar, H; Castro, R. 1994. Evaluación y manejo de enfermedades de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo invernadero. *Agronomía* (Col) 6(3):29-34.
- Sánchez-Garita, V; Bustamante, E; Shattock, R. 1998. Selección de antagonistas para el control biológico de *Phytophthora infestans* en tomate. *Manejo Integrado de Plagas* (Costa Rica) 48:25-32.
- Sandoval Vázquez, JF. 2002. Precios reales para productos agrícolas Servicio de Información de Mercados, Consejo Nacional de Producción (CNP). 6 p.
- SEPSA (Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria). 2002. Estadísticas agropecuarias. Boletín Estadístico no. 12: Estudios económicos e información. 30 p.
- Silva-Ribeiro, R; Termignoni, C; Dillon, A; Henriques, J. 2001. Efeito letal de cinco linhagens de *Trichoderma* spp. sobre o fitopatógeno *Botrytis cinerea*. *Summa Phytopatologica* 27(4):364-369.
- Sherb, A; MacNab, A. 1986. *Vegetable diseases and their control*. 2 ed. Nueva York, US, John Wiley. 728 p.
- Shtienberg, D; Elad, Y. 1997. Incorporation of weather forecasting in integrated, biological-chemical management of *Botrytis cinerea*. *Phytopathology* 87(3):332-340.
- Sutton, JC; Liu, W; Huang, R; Owen-Going, N. 2002. Ability of *Clonostachys rosea* to establish and suppress sporulation potencial of *Botrytis cinerea* in deleafed stems of hydroponic greenhouse tomatoes. *Biocontrol Science and Tecnology* 12:413-425.
- Utkhede, RS; Manthur, S. 2002. Biological control of stem canker of greenhouse tomatoes caused by *Botrytis cinerea*. *Canadian Journal of Microbiology* 48:550-554.
- Virgen, G; Vázquez, M; López, JM; Salas, MR. 1991. Inhibición de la germinación de *Botrytis* sp. y *Phragmidium* sp. con extractos acuosos de meliáceas y liliáceas. In *Simposio (2) y Reunión Nacional de Agricultura Sostenible (1)*. Memorias. Un enfoque agroecológico, socioeconómico y de desarrollo. Guadalajara, México. Comisión de Estudios Ambientales, CP. IICA. p. 151-153.
- Zimand, G; Elad, Y; Chet, I. 1996. Effect of *Trichoderma harzianum* on *Botrytis cinerea* pathogenicity. *Phytopathology* 85:1255-1260.

# Selección de cepas de *Bacillus thuringiensis* con efecto nematocida

María Elena Márquez Gutiérrez<sup>1</sup>  
Emilio Fernández González<sup>1</sup>

**RESUMEN.** La selección y evaluación de cepas de *Bacillus thuringiensis* con nuevas potencialidades de control podría aumentar sus posibilidades de uso. Son pocas las cepas de *B. thuringiensis* con actividad conocida contra nematodos, incluyendo especies parásitas de plantas. Se probaron 37 cepas de *B. thuringiensis* contra *Meloidogyne incognita* in vitro. Los criterios de selección fueron la reducción por encima del 80% de la eclosión de las masas de huevos en comparación al testigo, y la irreversibilidad de este efecto. Las cepas LBT1, LBT3, LBT4, LBT24, LBT25 y LBT47 provocaron deformación y detención del proceso embrionario de los huevos algunos de ellos necrotizados. También varios juveniles (J2) dentro de las masas de huevos, no reaccionaron bajo estímulos luminosos, y mostraron vacuolizaciones y deformaciones en el sistema digestivo. La fracción tóxica más efectiva fue el sobrenadante, que contiene las exotoxinas termoestables. Aunque la naturaleza química de los sobrenadantes no fue determinada, los resultados sugieren que las exotoxinas termoestables tienen un papel importante en la actividad nematocida.

**Palabras claves:** control de nematodos, actividad nematocida, plaguicidas bacterianos, exotoxinas.

**ABSTRACT.** Selection of nematocidal *Bacillus thuringiensis* strains. The selection and evaluation of *Bacillus thuringiensis* strains with new control possibilities is an international practice that may increase their use. There are few *B. thuringiensis* strains with known activity against nematodes, including plant parasitic species. Thirty-seven strains of *B. thuringiensis* were tested against *Meloidogyne incognita* in vitro bioassays. The selection criteria were the reduction of egg mass hatchings (more than 80% compared with the control) and the irreversibility of this effect. Strains LBT1, LBT3, LBT4, LBT24, LBT25 and LBT47 interrupted the development of egg masses, some of which appeared necrotic. Some juveniles (J2) inside of the egg masses had no reaction under luminic stimuli and others showed vacuolization and malformations in the digestive system. The most effective toxin fraction was the supernatant, containing the thermostable exotoxins. Although the chemical nature of the supernatants was not determined the results suggested the presence of extracellular toxins with an important role in the nematocidal activity.

**Keywords:** nematode control, bacterial pesticides, exotoxins, nematocidal activity.

## Introducción

*Bacillus thuringiensis* Berliner es la bacteria entomopatógena más conocida, estudiada y utilizada como agente de control microbiano. Más del 90% del mercado de bioinsecticidas incluye productos a base de esta bacteria (Glare y O'Callaghan 2000). En el mundo existen alrededor de 60.000 aislados de *B. thuringiensis*, pertenecientes a colecciones públicas y privadas, lo que revela el interés que existe en la aplicación de esta bacteria como agente de biocontrol (Boucías y Pendland 1998).

La actividad nematocida de cepas nativas de *B. thuringiensis* fue observada por Meadows et ál. (1990) en huevos de nematodos de vida libre, con un efecto diferencial entre las distintas cepas.

A partir de 1992 aparecieron patentes de aplicación de Mycogen Corporation (San Diego, EUA), que refieren el uso de cepas de *B. thuringiensis* como agente biocontrolador de nematodos fitoparásitos (Zuckerman et ál. 1995). Otras patentes cubren la clonación de genes de *B. thuringiensis* y su transferencia al genoma de microorganismos y plantas

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. Calle 110, No 514,e/5ta B y 5ta F, C.P. 11300, Playa, Cuba. mmarquez@inisav.cu

para que se expresen allí y controlen los nematodos susceptibles (August et ál. 1994).

Flores et ál. (2000) recomendaron el uso de esta especie para el tratamiento de plantas e incluso animales susceptibles a nematodos. Zuckerman et ál. (1993) aplicaron la bacteria directamente sobre semillas, plantas y suelos, obteniendo resultados promisorios contra *Meloidogyne javanica* Treub y *Tylenchulus semipenetrans* Coob; las cepas no causaron fitotoxicidad ni patogenicidad a las plantas tratadas (tomate y plátano) en condiciones semicontroladas y en experimentos de campo.

Las formulaciones comerciales que contienen solamente la  $\delta$ -endotoxina han resultado eficaces para el control de *M. javanica* y *T. semipenetrans* (Leyns et ál. 1995), y Noel (1990) informó sobre los efectos nematostáticos y nematocidas de la  $\beta$ -exotoxina sobre *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) y *Heterodera glycines* Ichinohe.

La variabilidad tóxica de los cristales parasporales de *B. thuringiensis* es la que conduce a la bioactividad sobre varios grupos taxonómicos de insectos plagas, que es la más conocida a nivel mundial. A diferencia de las cepas con propiedades insecticidas, no se ha determinado aún la relación entre caracteres genéticos, patrón de proteínas Cry y morfología de los cristales tóxicos en cepas nematocidas, ni se han establecido procedimientos de selección. Por otra parte, la mayoría de los estudios que demuestran la actividad nematocida de esta bacteria han sido realizados en nematodos de vida libre o zoonematodos, por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar cepas cubanas de *B. thuringiensis* contra *Meloidogyne incognita*, teniendo en cuenta como criterios de selección la reducción de la eclosión de las masas de huevos, la irreversibilidad de este efecto y la acción biológica de diferentes fracciones independientemente de la morfología de los cristales y la variedad de las cepas, en condiciones in vitro.

### Materiales y métodos

Se estudiaron 37 cepas de *B. thuringiensis* pertenecientes a la Colección de Bacterias Entomopatógenas del Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal de Cuba (INISAV), conservadas en agar semisólido, bulbos liofilizados y glicerol (4 °C). Las cepas fueron cultivadas en medio Luria-Bertani (LB) (Sambrook et ál. 1989) hasta esporulación total. Se sembró una asada de cada cultivo en placas de Petri con agar nutritivo (AN) (Oxoid CM3). La selección de las colonias se realizó estudiando las características morfológicas al microscopio de disección (40×). Para determinar la presencia de esporas y cristales

típicos de la especie se realizaron tinciones simples con violeta cristal (0,5%).

Las colonias fueron transferidas a tubos de ensayo con AN enriquecido con extracto de levadura, para incrementar el tamaño de los cristales parasporales, durante 96 horas hasta obtener cultivos totalmente esporulados, a  $28 \pm 2$  °C. Después, se preparó una suspensión de cada cepa arrastrando el crecimiento activo de la bacteria en los tubos de ensayo con solución salina al 0,85%. La eliminación de las células vegetativas y la homogenización del cultivo se lograron manteniendo las cepas a una temperatura de 60 °C durante 15 minutos. Posteriormente se inocularon en erlenmeyers de 500 mL con caldo nutritivo, dejándolos en agitación a  $140 \text{ r min}^{-1}$  y a  $30 \pm 2$  °C hasta la formación de cristales. La concentración de los cultivos se determinó a través de conteos en cámara de Neubauer. Las muestras para los bioensayos fueron ajustadas hasta obtener caldos a una concentración de  $10^7$  esporas  $\text{mL}^{-1}$ .

### Evaluación del bioensayo

La actividad biológica de *B. thuringiensis* se evaluó mediante los procedimientos citados por Siddiqui (2002) para evaluar la supresión de nematodos formadores de agallas utilizando otras especies de bacterias. Se utilizaron poblaciones de *M. incognita* extraídas de plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) procedentes de cultivos organopónicos de Ciudad de la Habana. La especie de *Meloidogyne* fue identificada por el Dr. Emilio Fernández, del Laboratorio de Nematología del INISAV, de acuerdo con los criterios de Eisenback (1985).

No se consideraron raíces viejas ni necrosadas para la selección de las masas de huevos. La extracción fue manual. Las pequeñas masas de huevos fueron esterilizadas superficialmente durante 15 segundos con una solución de hipoclorito de sodio, preparada al 0,05% v/v, de modo que no se dañara la matriz gelatinosa. Posteriormente, se enjuagaron con agua destilada esterilizada y se colocaron en vidrios reloj dentro de placas de Petri de 15 cm de diámetro.

En cada vidrio reloj se añadieron 2 mL de los cultivos de las diferentes cepas por evaluar, depositando una ooteca por vidrio reloj. Se incluyó una placa con agua destilada como testigo y cada cepa tuvo cuatro réplicas; los ensayos se repitieron en tres ocasiones. Las condiciones de humedad fueron mantenidas introduciendo algodones humedecidos con agua en cada placa y los experimentos se realizaron a  $26 \pm 2$  °C.

La evaluación se hizo a los 15 días contando la cantidad de juveniles emergidos del segundo estadio (J2), y se determinó el porcentaje de reducción con respecto al testigo sin tratar.

### Determinación de la estabilidad del efecto de *B. thuringiensis* sobre la eclosión de los huevos de *M. incognita*

Se consideraron aquellos tratamientos del experimento anterior donde los porcentajes de reducción de la eclosión estuvieron por encima del 80%. Las evaluaciones se realizaron a los 7 y 15 días.

Las ootecas se transfirieron a vidrios reloj que contenían solamente agua destilada, aplastándolas suavemente con los cubreobjetos, y se observaron al microscopio óptico (200×). Se determinaron características anormales en el desarrollo embrionario de los huevos, así como el comportamiento de las larvas del nematodo (movimiento y respuesta ante la intensidad luminosa) después de este período.

### Determinación de las fracciones tóxicas con actividad biológica

Los cultivos se centrifugaron a 5000 r min<sup>-1</sup> durante 15 min. Los precipitados se lavaron dos veces con una solución salina (pH = 7,2) con el fin de eliminar restos del medio de cultivo y concentrar las esporas y cristales.

La biomasa fue resuspendida en solución salina para el ajuste de la concentración (10<sup>7</sup> esporas mL<sup>-1</sup>) por conteo en cámara de Neubauer. El sobrenadante se filtró con filtro milipore de 0,2 μ, y fue tratado en autoclave a 121 °C durante 15 minutos, verificándose la ausencia de esporas por siembra de las muestras en AN.

En el bioensayo se evaluaron como variantes los cultivos completos de cada cepa, la fracción de los sobrenadantes y las fracciones que contenían los precipitados formados por esporas y cristales.

### Análisis estadístico

Se empleó el modelo de análisis de varianza y la prueba de Neuman-Keuls con transformación de los datos de porcentaje con un 0,95% de niveles de significación (Statitcf 1988).

### Resultados y discusión

#### Actividad biológica de las cepas en condiciones in vitro

Las cepas LBT-1, LBT-3, LBT-4, LBT-12, LBT-24, LBT-26, LBT-32, LBT-35, LBT-47 y LBT-49 de *B. thuringiensis* manifestaron efectos inhibitorios totales sobre la eclosión de los huevos de *M. incognita*, con porcentajes de reducción del 100%. Las cepas LBT-2, LBT-5, LBT-14, LBT-20, LBT-23 y LBT-25 presentaron valores por encima al 80% (Cuadro 1), valor a partir del cual se consideró presencia de actividad nematocida en las cepas evaluadas. El resto de las cepas mostró niveles de inhibición inferiores al 80%, por lo que fueron descartadas.

**Cuadro 1.** Efecto de cepas de *Bacillus thuringiensis* sobre huevos de *Meloidogyne incognita* en condiciones in vitro

Cepas	Reducción de la eclosión (%) <sup>z</sup>
LBT-1, LBT-3, LBT-4, LBT-12, LBT-24, LBT-26, LBT-32, LBT-35, LBT-47, LBT-49	100% a
LBT-14	96,0% a
LBT-25	96,0% a
LBT-2	92,0% a
LBT-20	90,7% a
LBT-23	89,4 % ab
LBT-5	84,1% ab
LBT-46	65,0% b
LBT-48	34,9% c
LBT-50	11,6% c
LBT-6, LBT-8, LBT-10, LBT-13, LBT-16, LBT-19, LBT-21, LBT-27, LBT-29, LBT-30, LBT-31, LBT-33, LBT-34, LBT-40 LBT-45, LBT-55, LBT-56, LBT-59	0% d

Notas: <sup>z</sup> Datos expresados en porcentaje de la reducción con respecto al testigo; medias con letras desiguales difieren significativamente según prueba de Newman-Keuls ( $p \leq 0,05$ );  $s = 3,65$ ; CV (%) = 15,1.

La mayoría de las cepas efectivas presentaron cristales bipiramidales y en su mayoría tienen asociadas inclusiones cúbicas, concordando con Carreras (2003), excepto en las cepas LBT-20 y LBT-25, donde se observaron cristales cuadrados y amorfos, respectivamente. Por otra parte, las cepas menos eficaces también presentaron cristales bipiramidales, y solamente tuvieron inclusiones cúbicas. También coincidió la presencia de un cristal cuadrado observado en la cepa LBT-6.

Lo anterior sugiere que la especificidad observada y la forma del cristal no son criterios que indiquen categóricamente la toxicidad de la bacteria. Hoy en día la morfología del cristal se utiliza como criterio de caracterización de la cepas de *B. thuringiensis*, conjuntamente con otros métodos (Kim 2000). No hay informes que indiquen la morfología característica de los cristales de las cepas de *B. thuringiensis* con actividad nematocida; tampoco ha sido posible caracterizarlas en nematodos de vida libre, utilizados frecuentemente en modelos para bioensayos con esta bacteria.

En todas las cepas que mostraron actividad biológica sobre *M. incognita* predominó la variedad *kurstaki*, excepto las cepas LBT-20 y LBT-25, que pertenecen a las variedades *morrisoni* e *israelensis*, respectivamente, lo cual contrasta con los resultados obtenidos por Meadows et ál. (1990),

**Cuadro 2.** Juveniles eclosionados de *Meloidogyne incognita* en contacto con agua destilada después de los tratamientos con *Bacillus thuringiensis*

Cepas	Valor promedio de J2			
	7 días		15 días	
LBT-1	0,5	f	0,5	e
LBT-2	29,5	d	54,0	d
LBT-3	11,0	e	13,0	e
LBT-4	10,0	e	10,5	e
LBT-5	47,5	c	159,5	b
LBT-12	62,0	b	81,0	c
LBT-14	53,0	c	89,0	c
LBT-20	5,0	f	93,0	c
LBT-23	35,0	d	41,0	d
LBT-24	6,0	f	11,5	e
LBT-25	3,5	f	15,0	e
LBT-26	20,5	e	55,5	d
LBT-32	1,0	f	68,0	cd
LBT-35	46,0	c	109,5	b
LBT-47	0,0	f	18,0	e
LBT-49	79,5	a	205,0	a
Control	124,0	a	227,0	a
	s = 9,0		s = 11 0	
	CV (%) = 11,3		CV (%) = 14,8	

Notas: Datos expresados en porcentaje de reducción respecto al testigo. Medias con letras desiguales dentro de cada columna difieren significativamente para la prueba de Newman-Keuls ( $p \leq 0,05$ ).

donde las toxinas de variedad *israelensis* mostraron mayor actividad en el nematodo de vida libre *Turbatrix aceti* en comparación con las variedades *kurstaki* y *morrisoni*.

Se conoce que algunas especies de nematodos han sido susceptibles a variedades de *B. thuringiensis*. Alrededor de 30 serovares resultaron tóxicos a huevos del nematodo zooparásito *Trichostrongylus colubriformis*, con una  $DL_{50}$  en el rango de 0,09 a 7,1  $\mu\text{g}$  de proteína  $\text{mL}^{-1}$  (Pinnock 1994). En el mismo estudio, huevos de otras seis especies de nematodos de vida libre y zooparásitos fueron reportados susceptibles a la variedad *israelensis*, con una  $DL_{50}$  en un rango de 0,38 a 7,1  $\mu\text{g}$  de proteína  $\text{mL}^{-1}$  (Pinnock 1994).

Experimentos realizados por Sharma (1994) mostraron diferencias en los niveles de control de *M. incognita* entre las variedades *thuringiensis* y *kurstaki* (53-65%); no se detectaron diferencias significativas entre parámetros como la altura, peso fresco de la raíz y de la planta con respecto al testigo.

Muchos autores han relacionado las variedades de *B. thuringiensis* con su actividad biológica específica y se informa que *kurstaki*, *aizawai*, *thuringiensis*, *alesti* y *dendrolimus/sotto* son tóxicas para lepidópteros. *B. thuringiensis* var. *israelensis* y *B. thuringiensis* var.

*darmstadiensis* son tóxicos para dípteros. *B. thuringiensis* var. *tenebrionis* y *japonesis* son activos contra coleópteros (Lecadet et ál. 1999). La determinación de las variedades no relaciona directamente la actividad biológica de las cepas, pues no refleja el tipo de gen cry que contiene la bacteria (Park et ál. 1998).

#### Determinación de la estabilidad del efecto de *B. thuringiensis* sobre la eclosión de los huevos de *M. incognita*

El efecto reversible fue otro criterio para seleccionar entre aquellas cepas del primer tamizaje que redujeron en más de un 80% la eclosión de los huevos. A los 7 y 15 días de evaluación, en las cepas LBT-2, LBT-5, LBT-12, LBT-14, LBT-23, LBT-26, LBT-35 y LBT-49 el efecto nematicida se perdió o fue muy bajo en los primeros 7 días en relación con el testigo (Cuadro 2).

En las cepas LBT-20 y LBT-32 el efecto se redujo a los 15 días, observándose valores más altos de larvas eclosionadas que en la evaluación anterior. Este resultado es importante si tomamos en consideración que en condiciones de campo debe lograrse que las cepas utilizadas tengan efectos razonablemente estables, asumiendo que la toxicidad es relativa y puede cambiar de acuerdo con las condiciones ambientales (Sims 1997). Con las cepas LBT-1, LBT-3, LBT-4, LBT-24, LBT-25 y LBT-47 el efecto se mantuvo hasta los 15 días, con los menores valores de juveniles eclosionados al compararlas con el resto de las cepas evaluadas.

Los resultados obtenidos coinciden con lo señalado por Chahal y Chahal (1993), quienes transfirieron masas de huevos de *M. incognita* a agua luego de ser mantenidas en Thuricide 0,25% - 1% (*B. thuringiensis* var. *kurstaki*), sin observar la emergencia de juveniles.

El desarrollo embrionario de *M. incognita* se vio afectado por cepas de *B. thuringiensis* seleccionadas a partir del segundo ensayo in vitro. Los síntomas observados se caracterizaron por la deformación y detención del proceso embrionario de los huevos; algunos de ellos se encontraban en estado necrótico. Los juveniles presentaron vacuolización interna, deformaciones en el sistema digestivo y ausencia de respuesta ante estímulos luminosos.

De acuerdo con Aroian (2002), los daños provocados por acción de las toxinas de *B. thuringiensis* juveniles de *Caenorhabditis elegans* se manifestaron como constricciones y vacuolizaciones en el intestino; estos cambios estructurales sucedieron a tres horas de haber estado en contacto el nematodo con la bacteria.

Es importante recordar que los huevos de los nematodos están protegidos por una pared que consiste de lípidos, carbohidratos y proteínas, mientras que el principal

componente de las larvas son las proteínas, generalmente permeables a los gases (Mena 2001).

Botjer y Bone (1985) demostraron el efecto de *B. thuringiensis* var. *israelensis* sobre *T. colubriformis*. La acción de una toxina producida por la bacteria tuvo efectos similares a los producidos por sustancias detergentes, causando degradación de la capa lipídica y alteración de la permeabilidad de los huevos. Los mismos autores detectaron la aparición en los huevos de fragmentos electrodensos adosados a la superficie interna de la capa de quitina, asociados a procesos degenerativos que sufren las membranas tanto en la pared del huevo como de los embriones en desarrollo.

La posible alteración de la permeabilidad podría inducir a cambios inapropiados en la osmosis o flujo iónico, influyendo en la viabilidad de los huevos tratados (Bone et ál. 1988). La presencia de vacuolas puede originar muerte por asfixia, observada en nematodos que crecen en un medio natural donde existen gases antagonistas (Mena 2004). Se ha descrito que algunas especies de nematodos utilizan sus reservas de grasas durante períodos de incubación con *B. thuringiensis* var. *israelensis*, y se ha determinado la ineficacia de las larvas en relación con la presencia de reservas lípidas (Mencho 2001).

**Determinación de las fracciones tóxicas con actividad biológica**

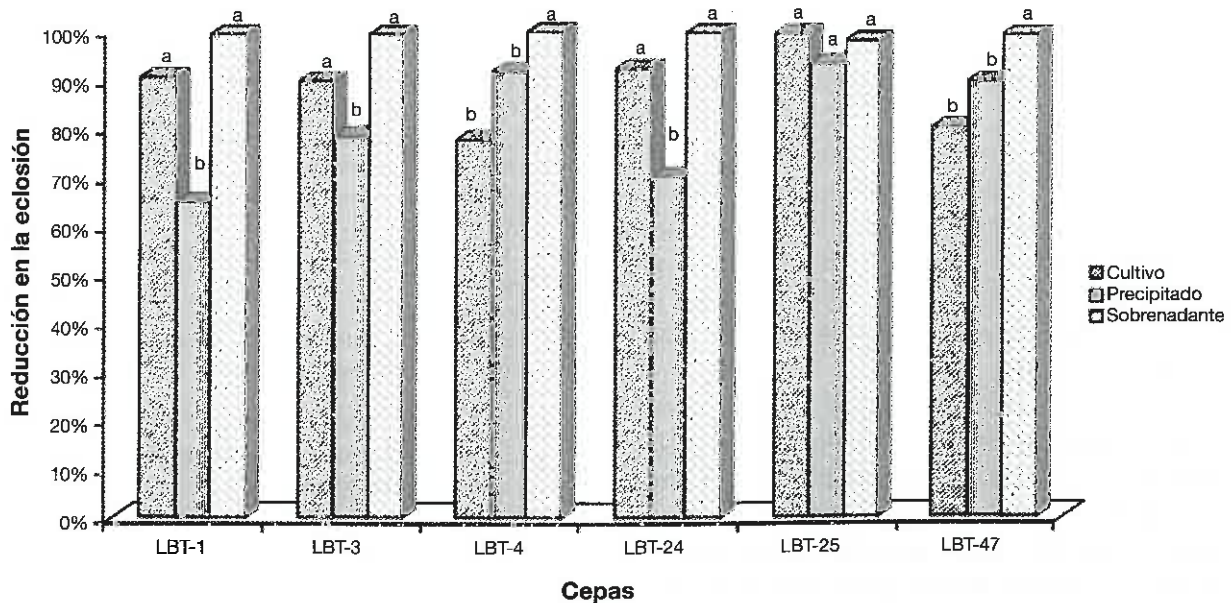
La mayor reducción en la eclosión de las masas de huevos tratadas se alcanzó con los sobrenadantes de las cepas

LBT-1, LBT-3, LBT-24, LBT-25 y LBT-47. La actividad tóxica de esta fracción sobre los huevos se mantuvo al evaluarse el efecto reversible y no observar la emergencia de juveniles en ninguna de las cepas durante los 15 días de evaluación (Figura 1).

No hubo diferencias significativas entre el cultivo completo y el sobrenadante de las cepas LBT-1, LBT-3 y LBT-24. Las tres fracciones probadas de la cepa LBT-25 no difirieron entre sí, ejerciendo un efecto similar sobre la eclosión de los huevos de *M. incognita*.

Las fracciones de los cultivos completos y el precipitado formado por el complejo espora-cristal tuvieron un efecto significativo en la eclosión de los huevos con la cepa LBT-4. Otros autores han indicado resultados similares: Leyns et ál. (1995) demostraron la actividad nematocida utilizando mezclas de esporas y cristales de aislados de *B. thuringiensis* contra juveniles y adultos de *C. elegans*, mientras que en estudios previos, utilizando fracciones ricas en cristales, la actividad ovicida fue atribuida a la proteína cristal (Botjer et ál. 1985; Meadows et ál. 1989, 1990). Narva et ál. (1991), en un estudio con preparaciones comerciales de *B. thuringiensis*, consideraron que la actividad nematocida podía deberse a la acción de las  $\delta$ -endotoxinas.

Los resultados sugieren que las exotoxinas termoestables del sobrenadante tuvieron mayor efectividad (tóxica) cuando se ensayaron las cepas LBT-1, LBT-3, LBT-24, LBT-25 y LBT-47, sin apreciarse diferencias significativas entre ellas. Esto confirmó las observaciones



**Figura 1.** Efecto de las fracciones de cepas de *Bacillus thuringiensis* sobre la eclosión de los huevos de *Meloidogyne incognita*. Medias con letras desiguales difieren significativamente para la prueba de Newman-Keuls ( $p \leq 0,05$ ).

realizadas por Prasad et ál. (1972), Noel (1990) y Singer et ál. (1994), quienes relacionaron la toxicidad de cepas de *B. thuringiensis* contra nematodos con la producción de exotoxinas extracelulares, liberadas en el sobrenadante del medio de cultivo.

Las especies susceptibles a la  $\beta$ -exotoxina pueden ser afectadas mediante la ingestión o la inyección de la toxina, aunque hay algunas especies susceptibles al contacto, como algunas moscas y ácaros, donde las concentraciones subletales provocan un retardo en el desarrollo de las larvas y efectos teratogénicos en larvas y pupas (Gohar y Perchat 2001).

Noel (1990) ha informado sobre los efectos nematostáticos y nematocidas de *B. thuringiensis* causados únicamente por la  $\beta$ -exotoxina sobre *Meloidogyne incognita* y *Heterodera glycines*.

Zuckerman et ál. (1993) reportaron la eficacia de una cepa de *B. thuringiensis* contra *M. incognita* y *Rotylenchus reniformis* en experimentos de campo y en condiciones semicontroladas. Las aberturas del cuerpo de estos nematodos son muy pequeñas como para permitir la penetración de la bacteria, por lo que sugirieron que el modo de acción podía atribuirse a la exotoxina o a una  $\delta$ -endotoxina muy específica, liberada con la lisis celular.

Carneiro et ál. (1998) informaron en sus estudios con diferentes cepas de *B. thuringiensis* acerca de la actividad nematocida sobre juveniles de *M. javanica*, determinando que los mayores porcentajes de mortalidad y efectos tóxicos que provocaron inmovilización de las larvas y ausencia de recuperación de las mismas en agua destilada estaban relacionados con la presencia de exotoxinas encontradas en el sobrenadante tratado a 120 °C por 15 min, no así cuando evaluaron la mortalidad empleando una suspensión de esporas y cristales.

En el mercado hay formulaciones comerciales que contienen solamente la  $\delta$ -endotoxina que arrojan resultados positivos (Meadows et ál. 1990, Sharma 1994). Por otra parte, se ha demostrado el impacto de formulaciones a base de exotoxinas de *B. thuringiensis* en el desarrollo y multiplicación de diferentes especies de nematodos de vida libre (Shevtsov et ál. 1996).

El pequeño tamaño de los estiletos de los nematodos imposibilita que estos ingieran los cristales tóxicos y se desencadene todo el mecanismo de acción propio de las  $\delta$ -endotoxinas. Por tanto, al no predisolverse esta toxina, resulta difícil comprender que la actividad nematocida de *B. thuringiensis* se origine en ellas, por lo cual el criterio más actualizado está encaminado a explicar la actividad nematocida a partir de las exotoxinas de *B. thuringiensis* (Glare y O'Callaghan 2000).

## Literatura citada

- Aroian, R; Griffiths, J; Wei, J; Hale, K; Chien, K; Mac Donald, K. 2002. *B. thuringiensis* toxin and nematodes: mechanism of resistance and toxicity. International Conference on *B. thuringiensis* (ICBT) (6, Brasil, 2002). Proceedings. Brasil, EMBRAPA. s.p.
- August, J; Schwab, GE; Payne, JM. 1994. Genes encoding nematode-active toxins cloned from *Bacillus thuringiensis* isolate PS17. Patent number 5281530. Mycogen Corporation.
- Bone, LW; Botter, KP; Gilol, SS. 1988. Factors affecting the larvicidal activity of *B. thuringiensis* toxin for *Trichostrongylus colubriformis* (Nematoda). J. Invert. Pathol. 52:102-107.
- Botjer, KP; Bone, LW; Gill, SS. 1985. Nematoda: susceptibility of the egg to *Bacillus thuringiensis* toxins. Exp. Parasit. 60:239-244.
- Boucias, DG; Pendland, JC. 1998. Principles of insect pathology. Norwel, US, Klumer Academic Publishers. p. 75-84.
- Carneiro, RMDG; Souza, IS; Belarmino, LC. 1998. Atividade nematocida de cepas de *Bacillus* spp. a juvenis de *Meloidogyne javanica*. Nematología Brasileira 22(1):12-21.
- Carreras, B. 2003. Caracterización de cepas de *Bacillus thuringiensis* para el control fitosanitario. Tesis Mag. Sc. Ciudad de la Habana, CU, Universidad de la Habana. Dpto de Microbiología. 66 p.
- Chahal, PPK; Chahal, VPS. 1993. Effect of Thuricide on the hatching of eggs of root-nematode (*Meloidogyne incognita*). Curr. Nematol. 4:247.
- Eisenback, JD. 1985. Diagnostic characters in the identification of the four most common species of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.). In Sasser, JN; Carter, CC. eds. An advanced treatise on *Meloidogyne* Biology and control. Estados Unidos, NC State University- USAID. v. 1, p. 95-112.
- Flores, J; Mendoza, P; López, ME; Herrera, D, Bravo, MA; Vázquez, V; Liébano, E. 2000. *Bacillus thuringiensis*: una alternativa en el control de nematodos gastrointestinales en la ganadería. Congreso Nacional de Control Biológico (23, Guanajuato, MX, 2000). Memorias. p. 21-23.
- Glare, TR; O'Callaghan, M. 2000. *Bacillus thuringiensis*. Biology, ecology and safety. Reino Unido, Wiley and sons. 350 p.
- Gohar, M; Perchat, S. 2001. Sample preparation for beta exotoxin determination in *B. thuringiensis* cultures by reversed phase high performance liquid chromatography. Anal. Biochem. 298:112-117.
- Kim, HS. 2000. Comparative study of frequency, flagellar serotype, crystal shape, toxicity, and cry gene contents of *Bacillus thuringiensis* three environments. Curr. Microbiol. 41(4):250-256.
- Lecadet, M; Sarchis, M; Lereclus, D. (1999) Updating the H- antigen classification of *B. thuringiensis*. J. App. Microbiol. 86:660-673.
- Leyns, F; Borgonie, G; Arnaut, G; De Waele, D. 1995. Nematicidal activity of *B. thuringiensis* isolates. Fundam. Appl. Nematol. 18(3):211-18.
- Meadows, JR; Gill, SS; Bone, LW. 1990. *B. thuringiensis* strains affects population growth of the free living nematode *Torbatrrix aceti*. Invert. Reprod. and Devel. 17:73-76.
- Meadows, JR; Gill, SS; Bone, LW. 1989. Lethality of *Bacillus thuringiensis morrisoni* for eggs of *Trichostrongylus colubriformis* (Nematoda). Inter. J. Invertebr. Reprod. Develop. 15:159-161.
- Mena, J. 2001. Empleo de *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki* en el control de nematodos en plantaciones de plátano y banano. Nematropica 31(2):145-150.



- Mena, J. 2004. Determinación de cepas bacterianas con actividad nematocida. Tesis Ph. D. Universidad Central de las Villas. Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología de Camagüey. 120 p.
- Mencho, JD. 2001. Comunicación personal. MES. Universidad de Camagüey, Fac. de Veterinaria, Circunvalación Norte Km 5 ½. Código postal 74650.
- Narva, KE; Payne, J; Schwar, GJ; Hickle, LA; Galasan, T; Sick, AJ. 1991. Novel *B. thuringiensis* microbes active against nematodes, and genes encoding novel nematode-active toxins cloned from *B. thuringiensis* isolates. European Patent Application 91305047.2.
- Noel, GR. 1990. Evaluation of thuringiensin of *H. glycines* on Soybean. *J. Nematol.* 22(4s):763-766.
- Park, HW; Roh, JY; Je, YH; Kang, SK. 1998. Isolation of a non insecticidal *B. thuringiensis* isolate PS17. Patent number 5281530. Mycogen Corporation.
- Pinnock, DE. 1994. The use of *Bacillus thuringiensis* for control of pests of livestock. *Agri. Ecosys. Environ.* 49:59-63.
- Prasad, S; Tilak, K; Gollakota, KG. 1972. Role of *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* on the larval survivability and egg hatching of *Meloidogyne* spp., the causative agent of root knot disease. *J. Invertebr. Pathol.* 20:377-378.
- Sambrook, J; Fritsch, EF; Maniatis, T. 1989. Molecular cloning. A laboratory manual. 2 ed. New York, US, Cold Spring Harbor Laboratory Press. 132 p.
- Sharma, RD. 1994. *B. thuringiensis*: a biocontrol agent of *Meloidogyne incognita* on Barley. *Nemat. Brasileira* 18:79-84.
- Shevtsov, V; Shhyolokova, E; Krainova, O; Jigletsova, S; Ichchenko, V. 1996. Application horizons of crystalliferous bacilli for the control of pest insects, nematodes and mosquitoes. *Bull. OILB-SROP* 19:289-292.
- Siddiqui, IA. 2002. Suppression of *M. javanica* by *Pseudomonas aeruginosa* and *B. subtilis* in tomato. *Nematol. Medit.* 30:125-130.
- Sims, SR. 1997. Host activity spectrum of the Cry IIA protein: effects on the Lepidoptera, Diptera and non target arthropods. *Southwestern Entomology* 22:395-404.
- Singer, S; Cadwllader, H; Owens, A; Rives, J. 1994. Biocontrol of phytoparasitic nematodes (*Heterodera glycines*) by strains of morphological group II. *Bacillus International Colloquium Pathology and Microbial Control* (Montpellier, Francia). Abstracts. INRA. p. 281.
- Statitcf: Versión 4.0, 1998.
- Zuckerman, BM; Dickow, MB; Acosta, N. 1993. A strain of *B. thuringiensis* for the control of plant parasitic nematodes. *Biocontrol of Sciences and Technologies* 3(1):41-46.
- Zuckerman, BM; Dicklow, M; Marban-Mendoza, N. 1995. Nematocidal *Bacillus thuringiensis* biopesticide. U.S. Patent. A01-N-63/00.

# Uso de trampas con kairomona para el manejo de la broca de la areca (*Coccotrypes carpophagus*) (Hormung) en la palmera *Chrysalidocarpus lutescens* var. *areca*

Ericka Villalobos<sup>1</sup>  
Helga Blanco-Metzler<sup>2</sup>

**RESUMEN.** Se evaluó la efectividad de la kairomona "Atrayente para broca 98 Vp<sup>®</sup>" (metanol:etanol 3:1) (ChemTica International, Costa Rica), en la detección y recolección de individuos de broca *Coccotrypes carpophagus* (Hormung) en una plantación comercial de la palma *Chrysalidocarpus lutescens* var. *areca* en Limón, Costa Rica. Este insecto completa su ciclo de vida en la semilla y afecta negativamente la cantidad de semilla producida. Se evaluó tres colores de trampas tipo Lindgren (amarillo, blanco y rojo) dispuestas en el campo a tres alturas (1, 2 y 3 m) con una distancia de 20 m entre trampas. Cada dos semanas durante seis meses se contabilizó el número de escolítidos capturados en las trampas. Se encontró una diferencia estadísticamente significativa ( $P = 0,030$ ) para el color de las trampas, donde las trampas de color blanco presentaron el mayor número de individuos recolectados, seguidas por la trampa roja y por último la amarilla. No se detectó diferencia estadística ( $P = 0,571$ ) para el número de insectos recolectados entre las alturas a las cuales fueron colocadas las trampas; sin embargo, se recomienda colocar las trampas a 1 m de altura con el fin de facilitar su monitoreo.

**Palabras clave:** aleloquímicos, semioquímicos, atrayentes, palmas ornamentales, Scolytinae, cairomonas.

**ABSTRACT.** Kairomone traps and *Coccotrypes carpophagus* management in *Chrysalidocarpus lutescens* var. *areca*. The coffee berry borer kairomone 98 Vp<sup>®</sup> (methanol:ethanol 3:1) (ChemTica International, Costa Rica) was evaluated for its effectiveness as an attractant for the detection and collection of *Coccotrypes carpophagus* (Hormung) in a commercial plantation of areca palm (*Chrysalidocarpus lutescens* var. *areca*) in Limón, Costa Rica. The life cycle of this insect is completed in the seed, and negatively affects the amount of seed produced. We evaluated three Lindgren trap colors (yellow, white and red), at three heights (1, 2 and 3 m) from the ground. Distance between traps was 20 m. The number of insects collected in each trap was recorded every two weeks during six months. There was a significant difference between the number of insects collected by the different trap colors ( $P = 0,030$ ), where white traps presented a higher number of insects, followed by red and yellow traps. No significant differences ( $P = 0,571$ ) were found in the number of insects collected among trap heights, but we recommend placing traps at 1 m above ground to facilitate their inspection.

**Keywords:** *Coccotrypes carpophagus*, semiochemicals, *Chrysalidocarpus lutescens* var. *areca*, Scolytinae, ornamental palm.

## Introducción

Los insectos podrían ser los animales que más dependen de su olfato para localizar a sus presas, para su defensa, así como, para la selección de plantas, la localización de los sitios de oviposición, la reunión de sexos, la organización de actividades sociales y otros tipos de comportamiento (Ferreira y Castro 1987).

Uno de los componentes más importantes en la comunicación química de los insectos son los aleloquímicos, sustancias químicas que intervienen en las relaciones interespecíficas de los insectos. Estos se dividen en alomonas, kairomonas, sinimonas y apneumonas, dependiendo de su función. Las kairomonas son moléculas orgánicas que sirven para la comunicación interespecífica,

<sup>1</sup> Universidad de Costa Rica. Escuela de Agronomía. San José, Costa Rica. erickav@cariari.ucr.ac.cr

<sup>2</sup> Centro de Investigación en Protección de Cultivos, CIPROC. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. hblanco@cariari.ucr.ac.cr

y son favorables al receptor pero no al emisor (Al-Doghairi 1994, Blanco-Metzler 2004).

Las kairomonas y otros tipos de aleloquímicos han sido utilizadas en el trapeo de insectos, especialmente dentro de un sistema de manejo integrado de plagas; por ejemplo, en el cultivo del café para el trapeo de *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) (Mathieu et ál. 1999, Wood 1982); en pepino para el trapeo de *Acalymma vittatum* (F.) (Brust y Foster 1995, Jackson et ál. 2005); en trampas tipo Lindgren (Ross y Daterman 1995), y para el incremento en las poblaciones del parasitoide *Trichogramma evanescens* en *Heliothis* spp. (Lewis et ál. 1972).

El cultivo de la palma areca (*Chyrsalidocarpus lutescens* var. *areca*) en Costa Rica constituye una adición a las ornamentales de exportación y su cultivo se ha extendido en los últimos veinte años, sobre todo en la Zona Atlántica, donde se ubica la mayoría de las plantaciones. Este cultivo presenta pocas plagas insectiles; sin embargo, desde 1996 se detectó la presencia de *Coccotrypes* spp. (Hormung) (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae), que se alimenta de las semillas —tanto verdes como maduras— de las palmeras, donde también completa su ciclo de vida (Atkinson y Peck 1994). Petit (2001)<sup>1</sup> menciona que los insectos pueden reducir la producción de semilla hasta en un 50%. Por tal razón, se hace necesario desarrollar métodos de control que reduzcan las poblaciones del insecto y a la vez sean amigables con el ambiente. Es importante destacar que debido a la altura de 10 metros que presenta este cultivo, la aplicación de insecticidas o cualquier otro tipo de control a los racimos es de alto costo y gran dificultad. Por la repercusión económica y ecológica que este insecto representa para la zona y los cultivos directamente afectados, es muy importante desarrollar métodos de control para realizar una adecuada implementación del manejo integrado de la plaga. El objetivo de esta investigación fue evaluar la efectividad de la kairomona Atrayente para Broca 98 Vp<sup>®</sup> (ChemTica Internacional, Costa Rica) en la atracción y el trapeo masivo de *Coccotrypes carpophagus* e identificar las características de las trampas para reducir las poblaciones de este insecto.

### Materiales y métodos

El estudio se realizó en la Finca Carambola, Guápiles, Limón, Costa Rica, a 200 msnm. Se seleccionaron cinco lotes de *C. lutescens*, tres de 20 años de edad y de 10 y 15 años los restantes, con una distancia de siembra de dos

**Cuadro 1.** Producción total de semilla, cantidad de semilla picada, y número de cepas por lote desde julio a diciembre 2001, La Roxana de Guápiles, Costa Rica

Lote	Producción semilla (kg)	Semilla picada (kg)	No. de cepas
Lote # 3	2 310,5	19,5	507
Lote # 4	2 606,5	32,0	748
Lote #6	4 581,5	231,5	2126
Pedregal	3 275,5	90,0	1417
Walquiria	4 849,0	132,5	1382

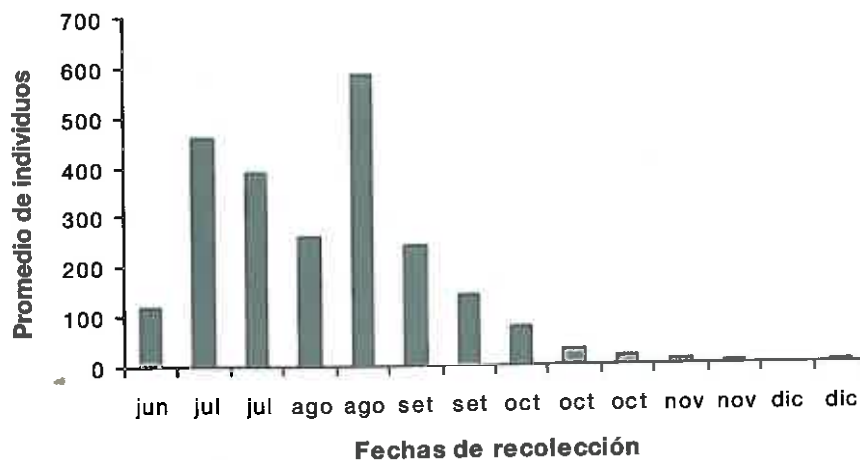
metros. Los lotes seleccionados fueron, respectivamente, #3, #4, #6, Pedregal y Walquiria, según la clasificación dada por la misma finca. En cada lote se escogieron dos puntos de muestreo, espaciados a 20 m entre sí. Cada punto de muestreo constó de tres plantas adultas y en cada una se colocaron tres trampas a 1, 2 y 3 m de altura. El color de las trampas (blanco, amarillo y rojo) por palmera se seleccionó al azar, para un total fue de 9 trampas por punto de muestreo y 18 trampas por lote. El contenido de cada trampa se recolectó cada dos semanas durante seis meses consecutivos, para un total de 14 evaluaciones. Cabe anotar que en las primeras ocho evaluaciones sólo se contó con un punto de muestreo por lote, y en las últimas seis evaluaciones con dos puntos de muestreo por lote.

Se utilizó trampas tipo Lindgren, las cuales constan de una serie de vasos plásticos unidos por hilos de nylon, donde el vaso inferior tiene función de vaso recolector (Figura 1). De la tapa se colgó la kairomona Atrayente para Broca 96 Vp<sup>®</sup> (ChemTica Internacional; composición química alcohol metílico-alcohol etílico (3:1), 100% P/P).



**Figura 1.** Trampa tipo Lindgren.

<sup>1</sup> Petit, Y. 2001. Comunicación personal. Guápiles, Finca "La Carambola"

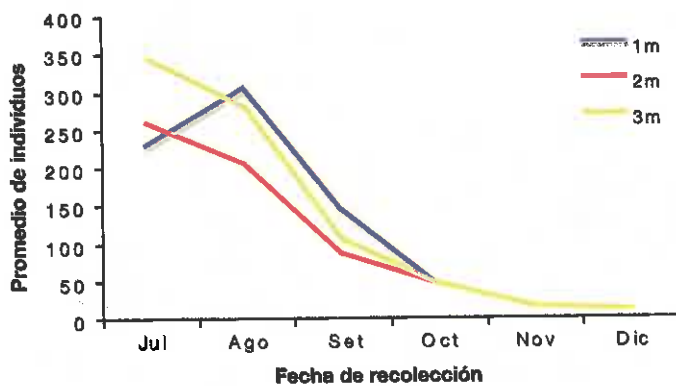


**Figura 2.** Número promedio de insectos por trampa por fecha de recolecta, desde julio hasta diciembre del 2001, La Roxana de Guápiles, Costa Rica.

Los dispositivos con kairomona se cambiaron cada tres meses.

Para la captura de los insectos se colocó una solución 3:1 de agua con detergente comercial en el vaso recolector. Dos semanas después se vertió el contenido de cada trampa en un colador y se trasladó a viales con alcohol al 70%. Posterior a cada muestreo, se reemplazó la solución del vaso recolector. Los viales fueron llevados al laboratorio del Museo de Insectos de la Universidad de Costa Rica, donde los insectos se clasificaron por familia, se contaron los insectos recolectados en cada trampa y se identificaron. Se corroboró la identidad de los especímenes por medio del envío de muestras al Dr. Larry Kirkendall del Departamento de Zoología de la Universidad de Bergen, en Noruega.

Los datos se analizaron por medio de un análisis de varianza, y las diferencias entre los promedios de captura (número de individuos para cada color, y altura de trampa a lo largo del tiempo) mediante la prueba de Tukey.



**Figura 3.** Número promedio de insectos por trampa, por mes de recolecta, desde julio hasta diciembre 2001, según la altura de colocación en La Roxana de Guápiles, Costa Rica.

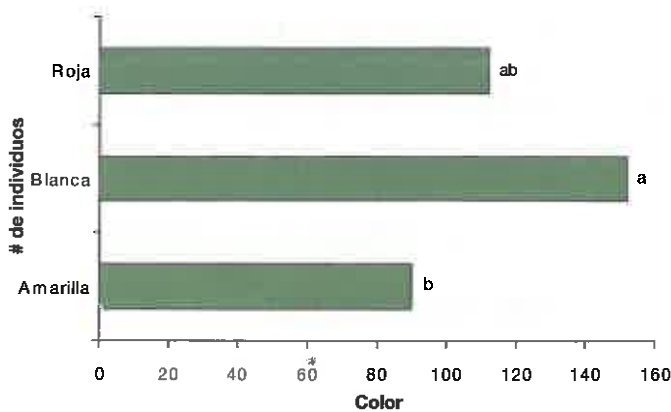
## Resultados y discusión

La población de insectos fue mucho mayor en el período de junio a setiembre, con un pico promedio de captura de 276 individuos al 30 de agosto del 2001 (Figura 2), comparado con el período de octubre a diciembre, donde llegó prácticamente a cero. La cantidad de insectos recolectados no solamente disminuyó en los últimos meses sino que llegó a ser cero. Resultados similares se observan en la Figura 3 para cada uno de los colores de trampa, notándose además que las trampas de color blanco fueron las que atraparon la mayor cantidad de individuos, con un pico de captura de 400 individuos como promedio por trampa para el mes de agosto, para igualarse a los demás colores en los últimos meses.

La kairomona 96 Vp® es un atrayente eficaz para la captura de *C. carpophagus* en trampas tipo Lindgren, lo cual confirma la eficacia de este tipo de trampas para la captura de escolítidos, como ya se ha comprobado para *H. hampei* (Mathieu et ál. 1996, 1999) (Figuras 2 y 3).

Partiendo del mayor número de individuos capturados entre julio y septiembre y su disminución en el período siguiente, se puede especular sobre el comportamiento poblacional de *C. carpophagus*; sin embargo, para comprobar esta aseveración se debe contar con evaluaciones durante un período más extenso que el de este trabajo.

Las trampas blancas recolectaron la mayor cantidad de insectos (promedio de 152 individuos por trampa), seguidas por las trampas rojas (112 individuos) y las amarillas (90 individuos) (Figura 4). Se encontró una diferencia significativa ( $F = 3,513$ ,  $P = 0,030$ ) entre los colores de las trampas, lo que indica que al menos uno de los colores es diferente a los demás. La prueba de Tukey demostró que las trampas blancas fueron superiores a las



**Figura 4.** Número promedio de insectos recolectados en las trampas según el color de la trampa para las observaciones desde julio hasta diciembre 2001, La Roxana de Guápiles, Costa Rica.

amarillas ( $P = 0,026$ ), pero no presentaron diferencia con las rojas ( $P = 0,647$ ). Tampoco se detectaron diferencias ( $P = 0,647$ ) entre los promedios de individuos capturados en trampas rojas y en trampas amarillas (Figura 4). Estos resultados concuerdan con lo reportado por Webb et ál. (1994), quienes indican que el color de la trampa influye en su efecto atrayente. Además, al igual que para *H. hampei* (Borbón et ál. 2000), los colores de trampa que más atraen a *C. carpophagus* son blanco y rojo. Sin embargo, en nuestro estudio, a pesar de que la diferencia entre blanco y rojo no fue estadísticamente significativa, en la práctica, una diferencia de 40 individuos en el color blanco más que en el rojo sí cuenta para elegir el color blanco como la mejor opción.

La cantidad de individuos recolectados en trampas sin kairomona no fue medida en este trabajo; sin embargo, sería interesante conocer cuál es el efecto del color y de la kairomona por separado en el trapeo de los insectos.

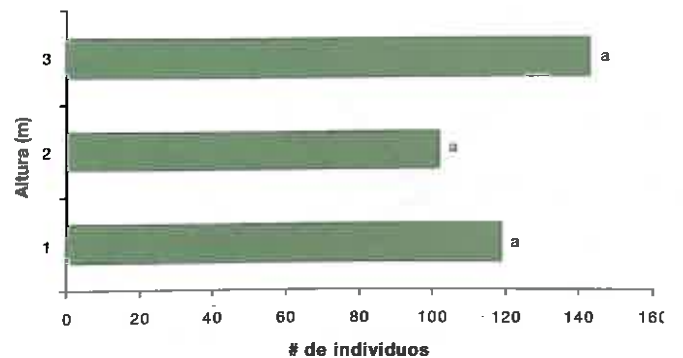
Otro aspecto que influye en la captura de insectos es la altura a la que se colocan las trampas (Figura 3). La cantidad de insectos recolectados fue mayor en los primeros meses del segundo semestre y luego disminuyó en los últimos meses, sin verse afectada por la altura de colocación de las trampas. No se encontraron diferencias significativas ( $F = 0,560$ ,  $P = 0,571$ ) entre las alturas de trampa. La mayor cantidad de insectos se presentó en las trampas colocadas a 3 m de la altura, con un promedio de 143 individuos por trampa, seguidas por las colocadas a 1 m de altura (119 individuos) y las colocadas a 2 m de altura (102 individuos). Sin embargo, es importante destacar que, debido a la gran altura de las plantas de areca (10 m), no es económico ni práctico colocar las trampas a un nivel superior a los dos metros, debido a que se debe utilizar una escalera durante el monitoreo de las trampas y es muy

tedioso transportar la escalera en la plantación. Por lo tanto, se recomienda colocar las trampas a 1 m. Las alturas bajas podrían ser el lugar correcto para colocar las trampas, ya que los insectos que colonizan los frutos presentes en el suelo (caídos del racimo o como residuos de cosecha), migran a colonizar frutos sanos (suelo o racimos) y son atraídos a las trampas al iniciar su recorrido mucho antes de que logren colonizar nuevos frutos. Al igual que con *H. hampei*, el ciclo de vida completo se lleva a cabo en la semilla, con excepción de la producción de hembras nuevas, que deben buscar otra semilla para colonizar (Vega et ál. 2002).

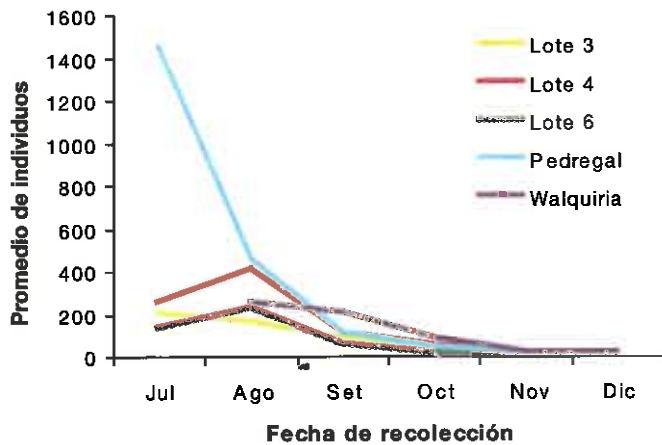
Es importante destacar que factores como la precipitación, la mala recolección de la cosecha y el aporreo de los frutos provocan la caída y descomposición de los frutos en el suelo, lo cual genera una alta liberación de alcoholes que compiten con el efecto atrayente de la kairomona. Mathieu et ál. (1999, 2001) detectaron una mayor población de *H. hampei* en una plantación de café con el aumento en la precipitación y el número de cerezas caídas al suelo.

La captura de broca por lote fue mayor en los primeros meses de observación y luego disminuyó hasta valores cercanos a cero (Figura 6). La mayor cantidad de insectos capturados se encontró en el lote Pedregal, con un promedio de 1475 individuos, pero presentó el mismo comportamiento que los demás lotes al final del muestreo, llegando a casi cero individuos por trampa. Los demás lotes presentaron cantidades de individuos recolectados muy similares entre sí, aun al principio del muestreo.

La producción de semilla en los lotes fue alta en julio, con una caída pronunciada para el mes de agosto, luego se dio un ascenso en los meses de setiembre a noviembre, para caer de nuevo en diciembre (Figura 7).



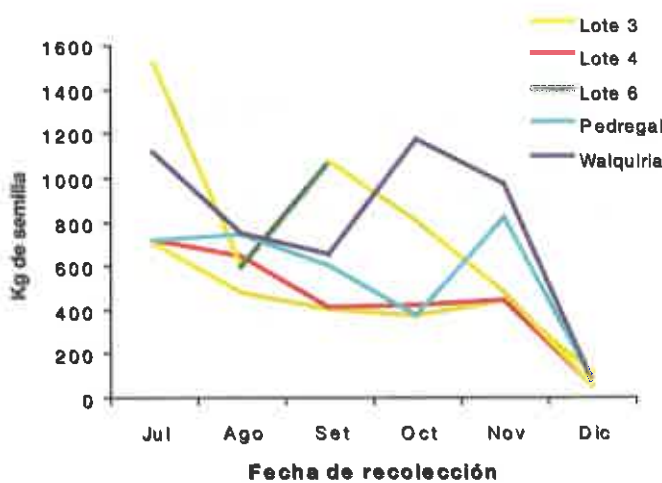
**Figura 5.** Número promedio de insectos recolectados en las trampas según la altura para el total de las 14 fechas de recolección desde julio a diciembre 2001, La Roxana de Guápiles, Costa Rica.



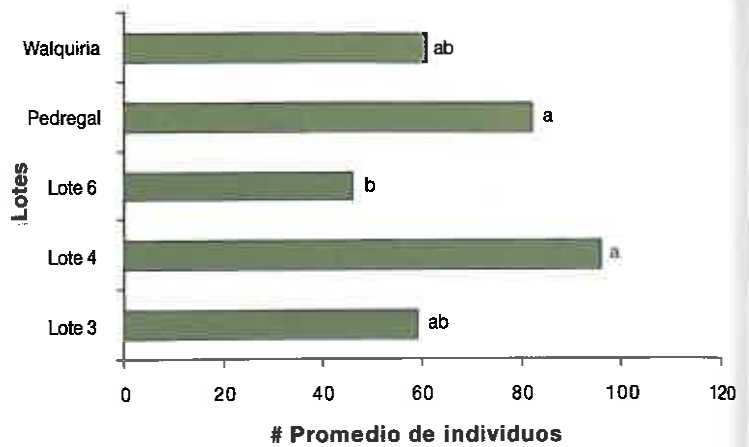
**Figura 6.** Promedio mensual de insectos recolectados por lote, desde julio a diciembre 2001, La Roxana de Guápiles, Costa Rica.

Al comparar esta cantidad de semilla con el número de individuos capturados por lote (Figura 8), no se encontró alguna relación entre ambas variables, ya que la cantidad de insectos aumentó en el mes de julio para luego descender por completo al final del año, lo cual indica que la poblacional del insecto no sólo se ve influenciada por la producción de semilla en la palmera sino por la semilla remanente que está en el suelo y por factores abióticos como la temperatura y, principalmente, la precipitación.

La mayor producción promedio de semilla se presentó en el lote Walquiria, seguida por el lote # 6, donde de nuevo no se encontró relación entre la producción de semilla y el promedio total de insectos recolectados (Cuadro 1, Figura 8). La mayor cantidad de insectos se presentó en las trampas del lote #4 con un promedio de 96 individuos



**Figura 7.** Kilogramos de semilla producida por lote, desde julio a diciembre 2001, La Roxana de Guápiles, Costa Rica.



**Figura 8.** Número promedio de insectos por trampa en cinco lotes, desde julio a diciembre 2001, La Roxana de Guápiles, Costa Rica .

por trampa, seguidas por los lotes Pedregal, Walquiria y el lote #3, con un promedio de 82, 61 y 59 individuos por trampa, respectivamente. El lote #6 presentó la menor cantidad de individuos por trampa, con un promedio de 46 (Figura 8). Se encontró una diferencia significativa ( $F = 2,440, P = 0,046$ ) entre el número de individuos capturados en las trampas del lote #4 con respecto al lote #6, mientras que para los otros lotes la prueba de Tukey no detectó diferencias entre los promedios de individuos capturados ( $P = 0,039$ ).

La mayor cantidad de semilla picada se presentó en el lote #6, seguido por Walquiria, y la menor cantidad se presentó en el lote #4 (Cuadro 1), datos que no se relacionan con la cantidad de individuos recolectados por lote (Figura 8); sin embargo, el lote #6 presentó la mayor cantidad de cepas de plantas de areca, seguidas por Pedregal y Walkiria, y la menor cantidad en los lotes #4 y # 3, lo que sugiere que la cantidad de cepas presentes puede estar directamente relacionada con la infestación (Cuadro 1).

Con este estudio se logró demostrar la atracción de *C. carpophagus* por la kairomona Atrayente para broca 98 Vp®, por lo que el monitoreo y/o reducción de población de este insecto es factible mediante el uso de trampas de color blanco, colocadas a un metro de la superficie del suelo. Sin embargo, se debe considerar que los frutos caídos al suelo y en descomposición, podrían disminuir el efecto atrayente de la kairomona, ya que estos son una opción más atractiva para la broca, considerando que el ciclo de vida se lleva a cabo dentro de las semillas y que los machos no vuelan. Por lo tanto, para optimizar el control, es imprescindible una mejora en la cosecha y una reducción en los residuos de cosecha.

## Literatura citada

- Al-doghairi, M. 1994. The importance of plant allelochemicals in host location. behaviour of parasitoid insects (en línea). Estados Unidos, Colorado State University. Consultado 21 oct. 2003. Disponible en [http://www.colostate.edu/Depts/Entomology/courses/en570/papers\\_1994/aldoghairi.html](http://www.colostate.edu/Depts/Entomology/courses/en570/papers_1994/aldoghairi.html) url.
- Atkinson, TH; Peck, SB. 1994. Annotated checklist of the bark and ambrosia beetles (Coleoptera: Platypodidae and Scolytidae) of Tropical Southern Florida. *The Florida Entomologist* 77(3):313-329.
- Blanco-Metzler, H. 2004. Las feromonas y sus usos en el manejo integrado de plagas. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 71:112-118.
- Borbón, O; Mora, A; Mora, G; Oeshlager, A; González, L; Andrade, R; Álvarez, L. 2000. Attraction and inhibition of attraction of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*. L (Coleoptera: Scolytidae). San José, Costa Rica, Instituto de Café de Costa Rica, ChemTica Internacional. 1 p.
- Brust, G; Foster, R. 1995. Semiochemical-Based Toxic Baits for Control of Striped Cucumber Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) in Cantaloupe. *Horticultural Entomology* 88(1):112-116.
- Ferreira, VE; Castro L, T. 1987. Feromonios de insetos. Brasil, Imprensa Universitaria de Universidade Federal de Vicosá. p 155.
- Henry, W. 2001. Basic theories of the trap: its application to the borer (en línea). *Coffee News* (Jamaica) 1(6). Disponible en [http://www.jamaicancoffee.gov.jm/basic\\_theories.htm+coffee+news+trap+borer&hl=es&ie=UTF-8](http://www.jamaicancoffee.gov.jm/basic_theories.htm+coffee+news+trap+borer&hl=es&ie=UTF-8) url.
- Jackson, DM; Sorensen, KA; Sorensen, CE; Story, RN. 2005. Monitoring cucumber beetles in sweet potato and cucurbits with kairomone-baited traps. *Journal of Economic Entomology* 98(1):159-170.
- Lewis, WJ; Jones, RL; Sparks, AN. 1972. A host-seeking stimulant for the egg parasite *Trichogramma evanescens*: its source and its demonstration of its laboratory and field activity. *Annals Entomology Society of America* 65:1987-89.
- Mathieu, F; Brun, LO; Marcillaud, C; Frérot, B. 1996. Trapping of the coffee berry borer within a mesh-enclosed environment: interaction of olfactory and visual stimuli. *Journal of Applied Entomology* 121:181-186.
- Mathieu, F; Brun, LO; Frérot, B; Suckling, DM; Frampton, C. 1999. Progression in field infestation is linked with trapping of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Col. Scolytidae). *Journal of Applied Entomology* 123(9):535-540.
- Mathieu, F; Gaudichon, V; Brun, LO; Frérot, B. 2001. Effect of physiological status on olfactory and visual responses of female *Hypothenemus hampei* during host plant colonization. *Physiological Entomology* 26:189-193.
- Ross, D; Daterman, G. 1995. Response of *Dendroctonus pseudotsugae* (Coleoptera: Scolytidae) and *Thanasimus undatulus* (Coleoptera: Cleridae) to traps with different semiochemicals. *Forest Entomology* 88 (1):106-111.
- Vega, FE; Franqui, RA; Benavides, P. 2002. The presence of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*, in Puerto Rico: fact or fiction? *Journal of Insect Science* 2:13.
- Webb, S; Kokok-Yokomi, M; Voegtlin, D. 1994. Effect of trap color on species composition of alate aphids (Homoptera: Aphididae) caught over watermelon plants. *Florida Entomologist* 77(1):146-154.
- Wood, DL. 1982. The role of pheromones, kairomones, and allomones in the host selection and colonization behaviour of bark beetles. *Annual Review of Entomology* 27:411-446.

# Control hidrotérmico de *Colletotrichum gloeosporioides* Penz en mango (*Mangifera indica* L.)

Olivier Rondón<sup>1</sup>  
Nelly Sanabria de Albarracín<sup>2</sup>  
Amado Rondón<sup>3</sup>

**RESUMEN.** La antracnosis del mango por *Colletotrichum gloeosporioides* es una de las enfermedades de mayor importancia económica a nivel mundial, tanto en condiciones de campo, donde el hongo ataca hojas, ramitas, inflorescencias y frutos, como en postcosecha, donde ataca los frutos almacenados causando la pérdida del valor comercial de los mismos. Con el propósito de conocer la temperatura óptima y el tiempo de exposición para evitar el desarrollo de la enfermedad en frutos almacenados, se utilizó como material 140 frutos de mango de las variedades Haden (70 frutos) y Tommy Atkins (70 frutos), recolectadas en una finca al sur del Estado Aragua, Venezuela. En cada fruto se realizaron cinco heridas puntuales con la ayuda de una aguja estéril y se aplicó la aspersión del hongo con el fin de desarrollar la enfermedad. Los frutos fueron sometidos a 36 horas en cámara húmeda y luego se aplicaron los respectivos tratamientos hidrotérmicos ( $40 \pm 0,3$  °C;  $45 \pm 0,3$  °C;  $50 \pm 0,3$  °C por 60 y 90 minutos). Las observaciones se realizaron cada 3 días durante un período de 15 días a temperatura ambiente (26-28 °C). Se evaluó el diámetro de las colonias alrededor de las heridas, obteniéndose que el mejor tratamiento en el control de la enfermedad fue  $50 \pm 0,3$  °C por 90 y 60 minutos, seguido de  $45 \pm 0,3$  °C por 90 y 60 minutos, y con resultados poco efectivos a  $40 \pm 0,3$  °C por 60 y 90 minutos. La mayor inhibición del hongo se observó a temperaturas superiores a 45 °C, concordando con resultados obtenidos por otros investigadores que señalan 46,1 °C por 60-75 minutos como la temperatura óptima para el control de la enfermedad.

**Palabras clave:** enfermedades fúngicas, control de plagas (postcosecha), tratamiento térmico, Haden, Tommy Atkins.

**ABSTRACT.** Heat treatment of *Colletotrichum gloeosporioides* Penz in mango (*Mangifera indica*). Mango anthracnosis, caused by *Colletotrichum gloeosporioides*, is one of the most important economic plant diseases in the world. The fungus can attack leaves, branches, flowers and fruits. After the harvest, it also affects stored fruits causing a loss of economic value. We carried out a laboratory essay to determine the optimum temperature and exposure time to avoid the development of the disease, using 140 kg of mango of the Haden (70 kg) and Tommy Atkins (70) varieties, collected at a plantation south of Aragua State, Venezuela. Five punctures were made in each fruit and the fungus was applied to them to induce the disease. The fruits were exposed to 36 hours in a wet chamber and then a hot water treatment was applied ( $40 \pm 0.3$  °C;  $45 \pm 0.3$  °C;  $50 \pm 0.3$  °C during 60 and 90 minutes). Observations were made every 3 days during a 15 day period at room temperature (26-28 °C). We measured the diameter of the colonies around the punctures was determined. The best treatment to control the anthracnosis was  $50 \pm 0.3$  °C during 60 and 90 minutes, followed by  $45 \pm 0.3$  °C during 90 and 60 minutes;  $40 \pm 0.3$  °C during 60 y 90 minutes was not an effective treatment. The maximum inhibition of the fungus was seen at temperatures of more than 45 °C, coinciding with results obtained by other authors indicating 46.1 °C during 60-75 min as the optimum temperature to control the disease.

**Keywords:** fungal diseases, hot water treatment, postharvest control, Haden, Tommy Atkins.

## Introducción

El enfoque agrícola basado en las crecientes demandas de frutas está directamente relacionado con la dinámica de crecimiento del comercio agropecuario internacional, elemento determinante para el futuro de la agricultura en Venezuela. Este aspecto introduce importantes cambios, al constatar la declinación de rubros tradicionales y

observarse, en cambio, un crecimiento sostenido de los rubros no tradicionales. Entre estos, sobresale claramente el renglón frutales, en especial el mango (Avilán y Rengifo 1990).

En Venezuela, el mango representó alrededor del 12% del total de frutas y hortalizas exportadas en la década de los noventa. Dada la importancia que tiene el rubro para

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Estación Experimental Miranda. Miranda, Venezuela. orondon@inia.gov.ve

<sup>2</sup> Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay, Venezuela. salabrian@cantv.net

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Ceniap-Maracay, Venezuela.



el ingreso de divisas al país, es fundamental disponer de un buen plan fitosanitario para el control de enfermedades como la antracnosis, que disminuye considerablemente las exportaciones (Otero 1999).

Rondón y Guevara (1995) señalan que la antracnosis es considerada como la enfermedad más perjudicial en mango, tanto en condiciones de campo como en postcosecha, constituyendo un factor limitante para las exportaciones debido a la pudrición que ocasiona el patógeno en el fruto, con la consiguiente pérdida de su valor comercial. Con este trabajo se persigue establecer la temperatura óptima que inhiba el desarrollo del hongo en frutos de mango de las variedades comerciales Haden y Tommy Atkins, las cuales son las más comercializadas en el mundo y las que presentan mayor susceptibilidad a la enfermedad.

### Materiales y métodos

El experimento se realizó en la sección de Fitopatología del Instituto de Botánica de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, Maracay, Estado Aragua, Venezuela. Se utilizó como material 140 frutos de mango de las variedades comerciales Haden y Tommy Atkins, recolectadas en la finca La Guacharaca. Después de obtenidas las muestras, se procedió a lavarlas y pesarlas con el fin de clasificar los frutos lo más homogéneamente posible. Según su peso, se clasificaron en 8, 9, 10 y 12, siendo estas las clasificaciones de talla utilizadas para el mercado de exportación, donde la talla 8, por ejemplo, representa 8 frutos por caja de mango con medidas estándar.

La preparación del inóculo se basó en la estrategia descrita por French y Hebert (1980) —citada por Hidalgo y Rodríguez (1995)—, la cual consistió en aplicar a las placas de Petri que contenían cepas puras del hongo 5 ml de agua destilada estéril y una gota de adherente (Tritón) con el propósito de separar los conidios presentes en las

cepas. Posteriormente a este procedimiento, se realizó el conteo de conidios de la suspensión, utilizando la cámara de conteo (hematocímetro), donde se obtuvo la concentración del inóculo de la solución en la caja de Petri, llevándose dicha concentración a  $2,5 \times 10^5$  conidios/ml, la requerida según Fitzell (1979).

Seguidamente se procedió a hacer 5 heridas superficiales en los 140 frutos utilizados (70 'Haden' y 70 'Tommy Atkins') con la ayuda de una aguja estéril y se aplicó el inóculo por aspersion con el fin de provocar los síntomas de la enfermedad. Los frutos inoculados se incubaron por 36 horas en cámara húmeda y luego se aplicaron los respectivos tratamientos hidrotérmicos:  $40 \pm 0,3$  °C;  $45 \pm 0,3$  °C; y  $50 \pm 0,3$  °C por 60 y 90 minutos, así como el testigo, que no se sometió a ningún tratamiento térmico. Las observaciones se hicieron cada 3 días por 15 días, a temperatura ambiente (25–28 °C), donde se evaluó el diámetro de las lesiones alrededor de las heridas para determinar el desarrollo de la enfermedad sobre los frutos.

Los experimentos se realizaron utilizando un diseño estadístico completamente aleatorizado; se usaron 7 tratamientos y 10 repeticiones por cada tratamiento. Para evaluar el desarrollo de la enfermedad, se observaron los frutos tomando medidas del diámetro de las 5 lesiones (promediándolas) con respecto al testigo. Estos valores fueron analizados estadísticamente por vía no paramétrica con el fin de determinar la significación de los tratamientos mediante la prueba de Kruskal-Wallis.

### Resultados y discusión

Comparando todos sus tratamientos en los diferentes tiempos de evaluación, se observó diferencias altamente significativas, notándose que el tratamiento de 50 °C por 90 min fue el que ejerció mejor control sobre el hongo (Cuadro 1), con un crecimiento promedio de la lesión de

**Cuadro 1.** Diámetro de la lesión (mm) provocada por *Cholletotrichum gloeosporioides* en la variedad de mango Haden con diferentes tratamientos térmicos y tiempos de exposición

Tratamientos (°C)	Tiempo de evaluación (días)				
	3	6	9	12	15
60 minutos					
40	1,82 ab	7,04 ab	10,78 ab	18,02 ab	27,17 ab
45	0,72 bcd	1,08 cd	2,28 bcd	3,94 bcd	7,1 bc
50	0,12 cd	0,2 d	0,58	0,74 de	1,02 cd
90 minutos					
40	1,32 abc	1,84 bc	6,9 abc	11,63 abc	21,52 ab
45	0,64 bcd	0,92 cd	1,36 cde	1,78 cde	3,18 bcd
50	0 d	0,1 d	0,1 e	0,26 e	0,35 d
Testigo	5,12 a	16,82 a	37,16 a	53,62 a	82,5 a

Notas: Se hicieron 10 repeticiones en promedio. Letras iguales no difieren significativamente (Kruskal-Wallis).

De acuerdo con los resultados obtenidos en este experimento, se pudo comprobar el efecto altamente significativo de los diferentes tratamientos hidrotérmicos sobre el control de la antracnosis en frutos de dos variedades de mango, siendo los más efectivos los tratamientos hidrotérmicos a 50 °C por 90 y 60 min a y 45 °C por 90 y 60 min. Cabe destacar que después de aplicados los tratamientos hidrotérmicos los frutos deben ser sometidos a un proceso que consiste en pasarlos por agua a bajas temperaturas con el fin de romper el efecto de maduración producto del calentamiento; luego de esto, los frutos son almacenados a 12-13 °C, con el fin de prevenir el desarrollo de la enfermedad.

### Literatura citada

- Avilán, L; Rengifo, C. 1990. El mango (*Mangifera indica* L.). 1 ed. Editorial América. Caracas - Venezuela. 401 p.
- Fitzell, R. 1979. *C. acutatum* as a cause of anthracnose of mango in New South Wales. Plant Diseases Report 63:1067-1070.
- Flores, A. 1994. Manejo Post-cosecha de frutas y hortalizas en Venezuela. Cojedes UNELLEZ. Venezuela, Imprenta Nacional. 319 p.
- French, E; Hebert, T. 1980. Métodos de Investigación Fitopatológica. San José, CR, IICA. 289 p.
- Hidalgo, E; Rodríguez, V. 1995. Evaluación del tratamiento hidrotérmico aplicado como estrategia cuarentenaria en mango (*Mangifera indica* L.) variedad Bocado destinado al consumo fresco. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. Maracay, VE, UCV. 73 p.
- Malavasi, A. 1989. Problemas Fitosanitarios involucrados en la exportación de Manga. Simpósio sobre Mangicultura (2). Anais. Brasil, Departamento de Biología, Instituto de Biociência, Universidad de São Paulo. p. 185-198.
- Otero, M. 1999. Estudio global para identificar oportunidades de mercado de frutas y hortalizas de la región andina. Quito, EC, Programa Cooperativo de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria para la subregión Andina (PROCIANDINO). 155 p.
- Pennock, W; Maldonado, G. 1962. Hot water treatment of mango fruits to reduce anthracnose decay. Journal Agricultural, University of Puerto Rico 46 (4):272-283.
- Rondón, GA; Guevara, Y. 1995. El cultivo del Mango en Venezuela. X Principales enfermedades y su control. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Fonaiap Divulga No. 50:20-21.
- Saucedo, C; Mena, G. 1995. Evaluación de sistemas de manejo postcosecha en mango. Seminario Internacional y Encuentro Nacional de Productores y exportadores de mango de Guatemala (2). Memorias. Guatemala. 71 p.
- Sharp, J; Spalding, D. 1984. Hot water as a quarantine treatment for Florida mangos infested with Caribbean fruit fly. Reprinted from proc. Fla. State Hort. Soc. 97:355-357.
- Sharp, J; Ouye, M; Ingle, S; Hart, W. 1989. Hot water quarantine treatment for mangos from Mexican infested with Mexican fruit fly and west Indian fruit fly (Diptera: Tephritidae). J. Ecom. Entomol. 82:1657-1662.
- Zaparolli, E. 1994. Tratamiento hidrotérmico del mango (*Mangifera indica* L.). Congreso Internacional (5) y Encuentro Nacional de Productores y Exportadores de Mango de Guatemala (1). Memorias. Guatemala. 103 p.

# Compatibilidad de *Beauveria bassiana* con fenoxicarb

Carmen Vásquez<sup>1</sup>  
Yamilé Saldarriaga<sup>2</sup>  
Fabio Pineda<sup>3</sup>

**RESUMEN.** Se evaluó la compatibilidad del hongo *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill., cepas INRA 297, Cenicafé Bb 9205, y UdeA<sub>13</sub>, con el insecticida fenoxicarb, análogo de la hormona juvenil en insectos. Se probaron combinaciones de las tres concentraciones de cada cepa de *Beauveria* ( $3 \times 10^5$ ,  $1 \times 10^7$ ,  $3 \times 10^8$  conidios/ml) y fenoxicarb (0,05; 0,025 y 0,0125  $\mu\text{g}/\mu\text{l}$ ). Como control se utilizó la suspensión fúngica solamente. Para la evaluación de la compatibilidad de los dos agentes, se utilizó una prueba de germinación conidial en medio de cultivo sólido (Sabouraud dextrosa agar) y la de crecimiento micelial en medio de cultivo líquido. La germinación conidial fue observada a las 24 y 48 h y el crecimiento micelial a los siete días. Para el análisis estadístico se utilizó como variable el número de conidios germinados y no germinados y el peso del micelio seco. La presencia de fenoxicarb no inhibió ni la germinación conidial ni el crecimiento micelial del hongo, mostrando compatibilidad. Sin embargo, la germinación conidial y el crecimiento micelial variaron en las tres cepas evaluadas. Los resultados obtenidos en este estudio coinciden con los encontrados por otros autores que han evaluado la compatibilidad de *B. bassiana* con diversos insecticidas. Las cepas *B. bassiana* INRA 297 y UdeA<sub>13</sub> mostraron mayor porcentaje de germinación y crecimiento micelial en las concentraciones  $3 \times 10^8$  y  $1 \times 10^7$  conidios/ml a las concentraciones de 0,0250 y 0,0125  $\mu\text{g}/\mu\text{l}$  de fenoxicarb, respectivamente.

**Palabras clave:** análogos de la hormona juvenil, control de insectos, insecticidas fungosos, compatibilidad de hongos, insecticidas.

**ABSTRACT. Compatibility of *Beauveria bassiana* with fenoxycarb.** We evaluated the compatibilities of the Inra 297, Cenicafé Bb9205 and UdeA<sub>13</sub> strains of the fungus *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. with the insecticide fenoxycarb, a juvenil hormone mimic. Combinations of three concentrations of each *Beauveria* strain ( $3 \times 10^5$ ,  $1 \times 10^7$  and  $3 \times 10^8$  conidia/ml) and fenoxycarb (0.05, 0.025 and 0.0125  $\mu\text{g}/\mu\text{l}$ ) were tested, with the fungus suspension alone as a control. Compatibility of the two agents was evaluated based on conidial germination in a solid medium (Sabouraud Dextrose Agar) and mycelia growth in a liquid medium. Conidial germination was observed at 24 and 48 h and mycelial growth after 7 days. The variables were germinated and non-germinated conidia and dry mycelium weight. The presence of fenoxycarb did not inhibit conidial germination or mycelial growth of the fungus. However, both conidial germination and mycelial growth varied in the presence of fenoxycarb among the three fungus strains. The results obtained in this study agree with others that evaluated the compatibility of *B. bassiana* with various insecticides. The strains INRA 297 and UdeA<sub>13</sub> at the concentrations of  $3 \times 10^8$  and  $1 \times 10^7$  conidia/ml showed a higher germination percentage and mycelial growth at fenoxycarb concentrations of 0.0250 and 0.0125  $\mu\text{g}/\mu\text{l}$ , respectively.

**Keywords:** juvenile hormone mimics, insect control, compatibility of fungus, insecticides.

## Introducción

El hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. es uno de los más promisorios para el control biológico de ciertos grupos de insectos que afectan la salud humana y la economía agrícola. Uno de los aspectos importantes de su efectividad en el control de insectos plaga es la posibilidad

de su integración con agentes químicos, maximizando su potencial y disminuyendo el impacto ambiental que el control químico pueda ocasionar (Ramarajah et ál. 1967, Rivera 1993).

Estudios realizados por Müller (1965) en el este de Europa probaron la compatibilidad entre *B. bassiana* e

<sup>1</sup> Instituto de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Corporación Académica para Estudios de Patologías Tropicales. Universidad de Antioquia. Colombia. avasquez@matematicas.udea.edu.co

<sup>2</sup> Instituto de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Corporación Académica para Estudios de Patologías Tropicales. Universidad de Antioquia. A. A. 1226. Medellín, Colombia. ysaldar@matematicas.udea.edu.co

<sup>3</sup> Instituto de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Corporación Académica para Estudios de Patologías Tropicales. Universidad de Antioquia. A. A. 1226. Medellín, Colombia. pguiter@matematicas.udea.edu.co

insecticidas con resultados no muy claros. También se probaron combinaciones de *B. bassiana* con DDT, sin encontrar una predisposición significativa de la larva del escarabajo de la papa de Colorado *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae) a la micosis por el hongo (Fargues 1973). Igualmente, se usaron combinaciones del hongo e insecticidas en el control de dicho insecto (Telenga et ál. 1968, Goral y Lappa 1974). Fargues (1975) utilizó la combinación de insecticidas azinfolos-etil y carbaril con *B. bassiana*, encontrando que no fue tan efectiva como el químico solo. Otros estudios han indicado que los insecticidas pueden inhibir el crecimiento de *B. bassiana* (Ramarajah et ál. 1967, Cadatal y Gabriel 1970, Olmert y Kenneth 1974, Gardner et ál. 1979, Clark et ál. 1982). Se han probado, además, combinaciones del hongo con diversos insecticidas, como carbaril, fenvalerate, abamectina, triflumuron y *Thuringiensis*, encontrando compatibilidad entre estos y el hongo (Anderson et ál. 1989, Vásquez et ál. 2004). Rivera et ál. (1994) probaron el efecto de los insecticidas endosulfán, clorpirifós, fenitrotión, diazinón PM, diazinon (M), malatión, isazofós y pirimifós-metil sobre *B. bassiana* en el manejo de la broca *Hypothenemus hampei* (Ferrari), demostrando el efecto fungistático de los insecticidas sobre el aislamiento, el cual aumenta con el tiempo.

Se evaluó también la compatibilidad de varios aislados de hongos biocontroladores, entre ellos *B. bassiana* con plaguicidas de uso común en la práctica agrícola como carbofurán y malatión como insecticidas, benomil (Benlate) y bis, ditiocarbamato de zinc (Manzate) como fungicidas, encontrando en general que los aislados presentaron una mayor inhibición con los insecticidas (en ambas concentraciones) que con los fungicidas. Con respecto a los plaguicidas, benomil inhibió considerablemente a todos los aislados. Los insecticidas redujeron ligeramente todos los aislados (Ibarra y Varela 2002).

Partiendo de la hipótesis de la compatibilidad existente entre el fenoxicarb y el hongo entomopatógeno *B. bassiana*; se planteó como objetivo evaluar el efecto de fenoxicarb sobre la germinación y el crecimiento micelial de *B. bassiana* en medio de cultivo sabouraud dextrosa agar (SDA) y medio líquido completo.

## Materiales y métodos

### Hongo entomopatógeno

Las cepas del hongo entomopatógeno *B. bassiana* utilizadas en este estudio fueron INRA 297, donada por el Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas de Francia, la cual se aisló de un heteróptero en Polonia; la cepa UdeA<sub>13</sub>, aislada de *Rhodnius pallescens* Barber

(Hemiptera: Reduviidae) capturado en la región de San Onofre (Sucre), Colombia; y la cepa Bb9205, donada por Cenicafé, aislada de *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Lepidoptera: Pyralidae). Estas cepas se mantuvieron en SDA (Oxoid Ltd, Basinstoke, Hampshire) a 25 °C durante 10 días para producir los conidios. Los conidios se cosecharon utilizando una barra de vidrio y una suspensión acuosa estéril más 0,05% de Tween 80 como diluyente para dispersar y mantener su uniformidad; luego se homogenizaron en un vórtex Heidolph Reax control a 2500 rpm (Alemania 09441/707-124) y se contaron en la cámara de Neubauer. Se seleccionaron concentraciones de  $3 \times 10^8$ ,  $1 \times 10^7$  y  $3 \times 10^5$  conidios/ml con base en estudios previos realizados por Romaña (1992), Pineda et ál. (2002) y Vásquez et ál. (2002 y 2004), quienes mostraron la alta capacidad infectiva y efecto letal en breve tiempo de dichas concentraciones sobre los insectos triatomínicos.

### Insecticida

Hurricane 24% de fenoxicarb —C<sub>17</sub>H<sub>19</sub>O<sub>4</sub> o etilo 2-(4 fenoxi-fenoxi)— es un carbamato análogo de la hormona juvenil en insectos. Producido por Schering en forma de emulsión concentrada inicialmente para el control de cucarachas en Inglaterra, tiene efecto contra los huevos y larvas de Lepidoptera, Coleoptera, Diptera e Hymenoptera: Formicidae. Schering recomienda utilizar fenoxicarb en concentraciones de 0,01; 0,1 y 1 µg por insecto, aplicado tópicamente en 1 µl de agua. A partir de la preparación comercial de fenoxicarb (24% W/V) se utilizaron concentraciones de 0,05; 0,025 y 0,0125 µg/µl, elegidas para este experimento con base en estudios previos (Picollo de Villar et ál. 1987, Vásquez et ál. 2002).

### Bioensayos

#### Germinación de los conidios en medio de cultivo sólido

En un erlenmeyer de 250 ml se prepararon 150 ml de SDA, se esterilizaron en el autoclave durante 15 min y se adicionó ácido láctico al 0,1% para evitar la contaminación bacteriana. Se tomaron portaobjetos estériles, a los cuales se adicionó 0,2 ml de SDA acidificado formando sobre éstos una película fina y delgada. Sobre estas placas, a una distancia de 0,5 cm entre sí, se colocaron dos alícuotas de 0,1 ml de cada una de las concentraciones  $3 \times 10^8$ ,  $1 \times 10^7$ , y  $3 \times 10^5$  conidios/ml de *B. bassiana* y de fenoxicarb (0,05; 0,025 y 0,0125 µg/µl). Los portaobjetos se colocaron en cajas de Petri estériles con papel de filtro Wattman no.1 estéril y húmedo, y se incubaron durante 24 y 48 h a 27 °C. El control consistió en una suspensión de conidios *B. Bassiana* en agua destilada estéril y 0,05% de Tween 80.

En cada ensayo se utilizaron 216 portaobjetos para las cuatro repeticiones por tratamiento.

### Porcentaje de germinación

Las mezclas de *B. bassiana* y fenoxicarb se tificaron con azul de lactofenol a las 24 y 48 h de incubación. Un conidio se consideró germinado cuando el tubo germinativo superó el diámetro del conidio. El porcentaje de conidios germinados se determinó contando el total de conidios germinados y sin germinar por cada lectura en un campo del microscopio de luz con el objetivo de 40× (contando tres campos macroscópicos por alícuota), para luego determinar el porcentaje de germinación (% germinación = total de conidios germinados/total de conidios germinados y no germinados × 100) (Rivera 1993).

### Crecimiento micelial del hongo en medio de cultivo líquido completo

Para cada concentración del insecticida se prepararon 100 ml de medio de cultivo líquido completo compuesto por glucosa (20 g),  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (1 g),  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (0,5 g), KCL (0,5 g),  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  (1 ml; 1% solución); oxoid agar (15 g) y ácido láctico (0,1%).

Se utilizó la técnica de Storey y Gardner (1986) y Clark et ál. (1982) modificada, la cual consistió en distribuir el medio líquido completo en cuatro frascos, cada uno con 15 ml de medio. Se inocularon con 0,1 ml de las concentraciones  $3 \times 10^8$ ,  $1 \times 10^7$  y  $3 \times 10^5$  conidios/ml de cada una de las cepas INRA 297, Bb9205 y UdeA<sub>13</sub> y con fenoxicarb (0,05; 0,025 y 0,0125  $\mu\text{g}/\mu\text{l}$ ). Se realizaron cuatro repeticiones para cada tratamiento en las tres concentraciones. A los controles solo se les adicionó el hongo. Los frascos se agitaron a 1500 rpm durante siete días a 25-26 °C. Después de la agitación, el contenido de cada frasco se filtró al vacío, para obtener el micelio completo mediante una barra de vidrio, y se lavó consecutivamente con agua destilada estéril, filtrándolo con una membrana de nitrocelulosa de 0,2  $\mu\text{m}$ . Lo obtenido se secó en un horno (Memmert GmbH Co. KG8540 Germany) durante una hora a 50 °C y luego se pesó el micelio utilizando una balanza analítica Chyo JK-180, obteniendo finalmente un peso promedio (a partir de las cuatro repeticiones realizadas) que se utilizó para el análisis de los resultados.

### Análisis estadístico

La compatibilidad del insecticida fenoxicarb con *B. bassiana* se midió mediante el porcentaje de germinación

de conidios a las 24 y 48 h. Los porcentajes se compararon utilizando análisis de varianza multifactorial, considerando como variables la cepa del hongo, la concentración de conidios y la del insecticida. La compatibilidad también se analizó mediante el crecimiento micelial del hongo en medio de cultivo líquido, obteniendo como respuesta el peso seco en gramos de la unidad experimental. Estos datos se compararon, igualmente, mediante análisis de varianza multifactorial. Las comparaciones múltiples de los valores promedios se establecieron con el método de Neuman-Keuls. Se consideró  $\alpha = 95\%$  como nivel de significación de las pruebas estadísticas y se utilizó el programa STATISTICA 98 (Statsoft Inc., Tulsa, EUA) para el procesamiento de la información.

## Resultados

### Respuesta de germinación conidial de *Beauveria bassiana* en presencia de fenoxicarb a las 24 h

Las diferentes concentraciones de fenoxicarb no inhibieron el crecimiento de las cepas de *B. bassiana* UdeA<sub>13</sub>, INRA 297 y Bb9205 a sus diferentes concentraciones conidiales. El porcentaje de germinación de conidios fue diferente para las tres cepas en estudio. El análisis de varianza mostró interacciones significativas para los diferentes factores (cepas de *B. bassiana*, concentraciones de *B. bassiana* y de fenoxicarb) con un  $p < 0,0000$  a las 24 h. De las tres cepas evaluadas, INRA 297 y UdeA<sub>13</sub> presentaron el mayor porcentaje de germinación en las concentraciones  $3 \times 10^8$  y  $1 \times 10^7$  conidios/ml en presencia de 0,0250 y 0,0125  $\mu\text{g}/\mu\text{l}$  de fenoxicarb (Cuadro 1). Se obtuvieron resultados similares con la cepa de *B. bassiana* sin el insecticida (datos no mostrados). La respuesta de germinación conidial obtenida con estas dos cepas de *B. bassiana* fue ligeramente mayor a la respuesta obtenida con los controles respectivos en las mismas concentraciones del hongo y del fenoxicarb (Cuadro 1).

La concentración de  $3 \times 10^5$  conidios/ml presentó un porcentaje de germinación conidial por debajo del 60% en las tres cepas evaluadas (Cuadro 1). En presencia de la concentración de 0,050  $\mu\text{g}/\mu\text{l}$  de fenoxicarb *B. bassiana* presentó germinación conidial por debajo de los valores obtenidos con sus respectivos controles; sin embargo, al comparar el efecto de esta concentración con las otras se observaron variaciones en la respuesta conidial del hongo (Cuadro 1).

A las 48 h las concentraciones de *B. bassiana*  $3 \times 10^8$  y  $1 \times 10^7$  conidios/ml germinaron entre el 86-100% para todas las cepas del hongo y concentraciones de fenoxicarb. En presencia de fenoxicarb 0,050  $\mu\text{g}/\mu\text{l}$ , *B. bassiana* a  $1 \times 10^7$  conidios/ml presentó un porcentaje de germinación por debajo del 80%.

**Cuadro 1.** Porcentaje de germinación de las diferentes cepas de *Beauveria bassiana* en presencia de fenoxicarb a las 24 h

Dosis de fenoxicarb ( $\mu\text{g}/\mu\text{l}$ )	Concentración <i>B. bassiana</i>	Porcentaje de germinación de las cepas de <i>B. bassiana</i>		
	(conidios/ml)	UdeA <sub>13</sub>	INRA 297	Bb 9205
Control	$3 \times 10^5$	57,4 (26,0)	79,4 (28,4)	51,8 (20,5)
	$1 \times 10^7$	57,2 (36,4)	75,2 (27,8)	74,0 (34,1)
	$3 \times 10^8$	85,6 (17,5)	74,0 (25,0)	98,3 (3,1)
0,0125	$3 \times 10^5$	59,9 (25,4)	48,1 (16,5)	45,5 (20,5)
	$1 \times 10^7$	89,5 (9,4)	88,9 (20,7)	33,9 (28,2)
	$3 \times 10^8$	81,4 (15,1)	83,6 (31,6)	58,1 (22,2)
0,0250	$3 \times 10^5$	39,2 (24,0)	33,5 (12,7)	30,8 (16,1)
	$1 \times 10^7$	51,5 (8,2)	83,3 (19,7)	44,6 (22,0)
	$3 \times 10^8$	55,4 (16,0)	86,1 (24,9)	67,7 (25,7)
0,050	$3 \times 10^5$	39,1 (25,0)	38,1 (19,5)	16,6 (11,5)
	$1 \times 10^7$	24,5 (34,1)	21,6 (27,3)	45,7 (32,4)
	$3 \times 10^8$	65,7 (23,6)	11,8 (13,8)	77,2 (31,1)

Nota:  $n = 24$  para el control y 32 para las demás concentraciones de fenoxicarb.

### Crecimiento micelial de *Beauveria bassiana* en medio de cultivo líquido

El análisis de varianza no mostró diferencias significativas para la interacción cepas, concentraciones de *B. bassiana* y de fenoxicarb ( $p = 0,061526$ ); sin embargo, se encontraron diferencias significativas entre las tres diferentes cepas de *B. bassiana* ( $p = 0,00000$ ), donde la cepa UdeA<sub>13</sub> presentó el mayor peso promedio micelial, seguida de la cepa Bb9205 e INRA-297 (Cuadro 2).

Se encontró diferencias significativas ( $p = 0,001223$ ) para la interacción de las tres cepas y concentraciones

de *B. bassiana*, donde las concentraciones  $3 \times 10^8$  y  $1 \times 10^7$  conidios/ml de la cepa UdeA<sub>13</sub> presentaron el mayor peso micelial. La concentración  $3 \times 10^5$  conidios/ml en la cepa UdeA<sub>13</sub> presentó un peso promedio micelial igual al observado en la cepa Bb9205 en las tres concentraciones evaluadas (Cuadro 2). La prueba de comparaciones múltiples permitió concluir diferencias en los pesos promedio de las cepas en el orden INRA-297, Bb9205 y UdeA<sub>13</sub> de 0,4; 0,5 y 0,6 g, respectivamente. No hubo diferencias significativas entre las concentraciones de fenoxicarb ( $p = 0,66756$ ) ni entre las de *B. bassiana* ( $p = 0,192487$ ).

**Cuadro 2.** Crecimiento micelial en medio de cultivo líquido de las cepas de *B. bassiana* independientemente de la concentración de fenoxicarb ( $p < 0,0012$ )

Cepas de <i>B. bassiana</i>	Concentraciones <i>B. bassiana</i> (conidios/ml)	Peso promedio (g)	$n$
Bb 9205	$3 \times 10^5$	0,5	9
	$1 \times 10^7$	0,5	6
	$3 \times 10^8$	0,5	3
INRA-297	$3 \times 10^5$	0,4	7
	$1 \times 10^7$	0,4	4
	$3 \times 10^8$	0,4	1
UdeA <sub>13</sub>	$3 \times 10^5$	0,5	8
	$1 \times 10^7$	0,6	5
	$3 \times 10^8$	0,6	2

### Discusión

De las tres cepas evaluadas, UdeA<sub>13</sub> e INRA-297 presentaron mayor porcentaje de germinación en las dos concentraciones conidiales altas probadas ( $3 \times 10^8$  y  $1 \times 10^7$  conidios/ml) cuando se mezclaron con las concentraciones media y baja de fenoxicarb (0,0250 y 0,0125  $\mu\text{g}/\mu\text{l}$ ), teniendo en cuenta que los porcentajes de germinación superaron el 80%. Estos resultados se explican por la compatibilidad entre el agente químico y el microbiológico, mostrando la acción sinérgica del químico hacia el biológico potenciando su germinación.

Estudios realizados por Picollo de Villar et ál. (1987) y Vásquez et ál. (2002) encontraron que la utilización de concentraciones de fenoxicarb más bajas que las observadas en nuestro estudio facilitaron la acción del hongo entomopatógeno sobre el insecto blanco debido a la acción sinérgica entre ambos agentes.

Castellanos (1997) explica cómo la acción conjunta de un hongo entomopatógeno y un agente químico introduce múltiples factores de mortalidad sobre los insectos objetivo, lo que puede representar una ventaja en el manejo de plagas y retrasar alguna expresión de resistencia a nuevos insecticidas, especialmente cuando se piensa en reducir las poblaciones de insectos plaga con una ecología compleja.

En el presente estudio se observó en algunos casos un efecto fungistático del insecticida sobre *B. bassiana*, especialmente con las concentraciones conidiales menores frente a las concentraciones mayores del insecticida. Inicialmente, se observó un ligero retardo en la germinación y crecimiento del hongo, especialmente en las pruebas sobre germinación conidial, sin embargo, pasadas 24 horas se observó homogeneidad en el crecimiento al comparar el resultado con los controles o las concentraciones altas del entomopatógeno.

Anderson et ál. (1989) evidenciaron la compatibilidad de *B. bassiana* con diferentes insecticidas como fenvalerate, carbaril, triflumurón, abamectina, y *Thuringiensis*, entre otros, a dosis subletales, con resultados similares a los nuestros. Igualmente, Rivera et ál. (1993, 1994) evaluaron la compatibilidad de *B. bassiana* con formulaciones comerciales de fungicidas e insecticidas, algunos usados comúnmente en el control de la broca del café en Colombia, como ciproconazol, hexaconazol, triadimefón, oxiclورو de cobre, endosulfán, fenitrotión, pirimifós-metil y dicotofós en concentraciones media y 1/10 de la comercial. En el primer estudio con los fungicidas se encontró que estos ejercieron una inhibición mayor sobre el crecimiento del hongo que los insecticidas. Los insecticidas a concentraciones menores de la dosis comercial presentaron un efecto menor sobre *B. bassiana*.

En esta investigación se observó que a mayor concentración de fenoxicarb hubo menor germinación conidial de *B. bassiana*, resultados contrarios a los obtenidos con triflumurón por Vásquez et ál. 2004. El fenoxicarb presenta una baja toxicidad comparado con otros químicos organoclorados, por lo cual el uso de concentraciones bajas con respecto a las utilizadas convencionalmente en el control de insectos hace que sea posible utilizarlo como un agente biocontrolador.

*B. bassiana* ha sido probada con diferentes plaguicidas (Clark et ál. 1982), herbicidas (Gardner et ál. 1985), insecticidas (Mohamed et ál. 1987) y fungicidas (Majchrowicz et ál. 1993), con resultados variables en presencia de los diferentes agentes químicos. En algunos de estos estudios se encontró una inhibición variable del hongo que dependió directamente de la concentración y características químicas del agente utilizado.

En trabajos similares realizados por Ramarajah et ál. (1967) con DDT, folidol, malatión, endrin y BHC se encontró un estímulo a la germinación del hongo *B. bassiana*, especialmente con folidol. Entre los resultados obtenidos en el presente trabajo se observó de forma cualitativa un efecto estimulante del insecticida sobre la germinación y conidiación de *B. bassiana*, especialmente en las dos concentraciones más altas; este estímulo se evidenció en la formación del micelio más abundante y su crecimiento ligeramente más rápido al observado en los controles.

Al evaluar la influencia de algunos pesticidas sobre *B. bassiana* utilizando un medio de cultivo líquido, Clark et ál. (1982) encontraron una inhibición moderada en presencia de carbofurán, y azinfós-metil, y ninguna inhibición en presencia de permetrina. En las pruebas realizadas en medio de cultivo líquido para el presente estudio, no se encontró inhibición en presencia de fenoxicarb en ninguna de las tres cepas en cuanto a la formación de micelio después de siete días de agitación. No hubo diferencias significativas entre fenoxicarb y las tres cepas de *B. bassiana* en medio de cultivo líquido.

De las dos metodologías evaluadas, la del medio de cultivo sólido mostró resultados en menor tiempo en comparación al medio de cultivo líquido.

*B. bassiana* presentó compatibilidad con el fenoxicarb (análogo de la hormona juvenil en insectos). De las tres cepas evaluadas, UdeA<sub>13</sub> mostró el mayor crecimiento micelial e INRA 297 el mayor porcentaje de germinación. Hubo una mayor germinación conidial con las concentraciones altas de *B. bassiana* y bajas de fenoxicarb.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a los profesores Jaime Calle y Abel Díaz, del Instituto de Biología de la Universidad de Antioquia, por el aporte de material biológico, corrección y análisis estadístico de los resultados, respectivamente. A los investigadores del Grupo de Micología y de Control Biológico del Instituto de Biología, a la Corporación Académica para el Estudio de Patologías Tropicales, al CODI por la financiación de esta investigación y a la Universidad de Antioquia por el apoyo logístico.

## Literatura citada

- Anderson, TE; Roberts, DW. 1983. Compatibility of *Beauveria bassiana* isolates with insecticide formulations used in Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) control. J. Econ. Entomol. 76:1437-1441.
- Anderson, TE; Hajek, AE; Roberts, DW; Preisler, HK; Robertson JL. 1989. Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae): Effects of Combinations of *Beauveria bassiana* with insecticides. J. Econ. Entomol. 82(1):83-89.
- Cadatal, TD; Gabriel, BP. 1970. Effect of chemical pesticides on the development of fungi pathogenic to some rice insects. Philipp. Entomol. 1:379-395.

- Castellanos, DO. 1997. Importancia en la patogenicidad de la acción enzimática del hongo *Beauveria bassiana* sobre la broca del café. *Rev. Col. Entomol.* 23(1-2):65-71.
- Clark, RA; Casagrande, RA; Wallace, DB. 1982. Influence of pesticides on *Beauveria bassiana* a pathogen of the Colorado potato beetle. *Environ. Entomol.* 11:67-70.
- Fargues, J. 1973. Sensibilité des larves de *Leptinotarsa decemlineata* Say (Col., Chrysomelidae) a *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (Fungi Imperfecti, Moniliales) en présence de doses réduites d'insecticide. *Ann. Zool. Ecol. Anim.* 5:231-246.
- Fargues, J. 1975. Etude expérimentale dans la nature de l'utilisation combinée de *Beauveria bassiana* et d'insecticides a dose réduite contre *Leptinotarsa decemlineata*. *Ann. Zool. Ecol. Anim.* 7:247-264.
- Gardner, WA; Sutton, RM; Noblet, R. 1979. Evaluation of the effects of six selected pesticides on the growth of *Nomuraea rileyi* and *Beauveria bassiana* in broth cultures. *J. Ga. Entomol. Soc.* 14:106-113.
- Gardner, WA; Storey, GK. 1985. Sensitivity of *Beauveria bassiana* to selected herbicides. *J. Econ. Entomol.* 78:1275-1279.
- Goral, VM; Lappa, NV. 1974. The effect of beauverine and some insecticides on Colorado potato beetle populations. *Zakhyst Rosl Resp Mizhvid Temat Nauk Zb* 20:51-60.
- Howard, J; Wall, R. 1995. The Effects of Triflumuron, a Chitin Synthesis Inhibitor, on the *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). *Bull. Entomol. Res.* 85(1):71-77.
- Ibarra, AM; Varela, A. 2002. Aislamiento, identificación y caracterización de hongos como agentes potenciales de control biológico en algunas regiones Colombianas. *Rev. Col. Entomol.* 28(2):129-137.
- Majchrowicz, I; Poprawski, TJ. 1993. Effects *In vitro* of nine fungicides on growth of entomopathogenic fungi. *Bioc. Sc. Tec.* 3:321-336.
- Muller, KE. 1965. Pilzkrankheiten bei Insekten. Anwendung zur biologischen Schadlingsbekämpfung und Grundlagen der Insektenmykologie. Berlin, DE, Verlag Paul Parey. s.p.
- Mohamed Abdul KA; Pratt PJ; Nelson RS. 1987. Compatibility of *Metarhizium anisopliae* var. *Anisopliae* with chemical pesticides. *Mycopathology* 99:99-105.
- Olmert, I; Kenneth, RG. 1974. Sensitivity of the entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana*, *Verticillium lecanii*, and *Verticillium* sp. to fungicides and insecticides. *Environ. Entomol.* 3:33-38.
- Piccolo de Villar, MI; Seccacini, A; Fontán, A; Zerba, EN. 1987. Activity of the insect growth regulator fenoxycarb (RO-13-5223) on *Triatoma infestans* (Hemiptera). *Biochem. Physiol.* 87(2):367-373.
- Pineda, F; Saldarriaga, Y; Gómez, C. 2002. Susceptibilidad de *Rhodnius ecuadoriensis* (Hemiptera: Reduviidae) de V estadio de desarrollo a la acción de *Beauveria bassiana*. *Rev. Col. Entomol.* 28(1):9-12.
- Ramarajeh URS, NV; Govindu, HC; Shivashankara, KS. 1967. The effect of certain insecticides on the entomogenous fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. *J. Invertebr. Pathol.* 9:398-403.
- Rivera, M. 1993. Estudio sobre la compatibilidad del hongo *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. con formulaciones comerciales de fungicidas e insecticidas. *Rev. Col. Entomol.* 19(4):151-158.
- Rivera, MA; Bustillo, PA; Marin, MP. 1994. Compatibilidad de dos aislamientos de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. en mezcla con insecticidas usados en el control de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari). *Rev. Col. Entomol.* 20(4):209-214.
- Romaña, C. 1992. Recherches sur les potentialités des Hyphomycetes entomopathogenes (Fungi Imperfecti) dans la lutte microbiologique contre les Triatominae (Heteroptera). These de l'université de Montpellier I. Montpellier, FR, Université de Montpellier. 34 p.
- Storey, GK; Gardner, WA. 1986. Sensitivity of the Entomogenous Fungus *Beauveria bassiana* to Selected Plant Growth Regulators and Spray Additives. *Appl. Environ. Microbiol.* 52:1-3.
- Telenga, NA; Sikoura, AI; Smetnik, AI. 1968. Emploi du produit biologique Beauverine combiné a des insecticides dans la lutte contre le doryphore (en russe). *Zascht. Rast.* 4:3-23.
- Vásquez, C; Saldarriaga, Y; Gómez, WA; Pineda, F. 2002. Susceptibilidad de *Rhodnius prolixus* (Hemiptera: Reduviidae) a la acción de triflumuron. *Rev. Col. Entomol.* 28(1):13-16.
- Vásquez, C; Saldarriaga, Y; Pineda, F. 2004. Compatibilidad del hongo entomopatogénico *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. con triflumuron. *Rev. Col. Entomol.* 30(1):23-27.



# Enfermedades de las semillas de soja en Argentina

Teresa Gally<sup>1</sup>

**RESUMEN.** En los últimos años, se han registrado problemas de calidad en semillas de soja en Argentina. El deterioro patológico de las semillas es un grave problema, ya que además de relacionarse directamente con fallas de germinación en el campo, introduce enfermedades en lotes no contaminados. Se describen en este artículo las sintomatologías y daños de enfermedades producidas por *Alternaria* spp., *Colletotrichum* spp., *Cercospora kikuchii*, *Fusarium* spp., *Peronospora manshurica*, *Phomopsis* spp., *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp. y *Sclerotinia*. Se mencionan las características epidemiológicas de las enfermedades y el manejo apropiado para obtener semillas sanas y de alta calidad.

**Palabras clave:** *Glycine max*, patógenos de semillas, manejo de la enfermedad, epidemiología.

**ABSTRACT. Soybean seed diseases in Argentina.** In recent years, quality problems in soybean seed have been detected in Argentina. The pathologic deterioration of seeds is a significant problem because it directly relates to germination failure in the field, and introduces diseases into uncontaminated fields. We describe the symptoms and harm caused by the following microorganisms: *Alternaria* spp., *Colletotrichum* spp., *Cercospora kikuchii*, *Fusarium* spp., *Peronospora manshurica*, *Phomopsis* spp., *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp. and *Sclerotinia*. The characteristics of these diseases and their proper management are also mentioned in this article.

**Keywords:** *Glycine max*, seed pathogens, disease management, epidemiology.

## Introducción

La soja (*Glycine max* (L.) Merril) se convirtió en el cultivo más importante de la Argentina luego de la rápida expansión que experimentó durante las décadas de 1970 y 1980. Su producción se destina fundamentalmente a la exportación, lo que significa una fuente importante de divisas para el país.

Las principales zonas de producción se ubican en dos regiones: Pampeana y Norte. En la primera se produce alrededor del 95% de la soja del país; se encuentra entre 28° y 39°S, incluye las provincias de Santa Fe, Córdoba, Buenos Aires, Entre Ríos y La Pampa. Las primeras tres provincias concentran el 90% de la producción. La segunda se ubica entre 22° y 30°S y comprende dos subregiones: noroeste (Tucumán, Salta, Santiago del Estero, Catamarca y Jujuy) y noreste (Corrientes, Chaco, Formosa, Misiones, y norte de Santa Fe).

La importancia de la soja como producto destinado a cubrir necesidades alimenticias en todo el mundo genera el

desafío de aumentar la producción del cultivo. Son muchos los aspectos que se investigan para desarrollar el cultivo con éxito, además de tratar de superar los valores de rendimiento a través del tiempo. Los logros más importantes se han obtenido con el mejoramiento genético, utilización de nuevas técnicas de manejo del cultivo, explotación de nuevas zonas de producción y mejoramiento de la calidad del producto.

Las enfermedades del cultivo de la soja están consideradas como factores importantes que reducen los rendimientos y pueden incluso provocar la pérdida total de la producción de un lote; en cualquier caso, siempre afectan la calidad del producto (Gally et al. 2000, 2002).

Entre las enfermedades registradas en el campo en diferentes regiones del país destacan el cancro del tallo (*Diaporthe phaseolorum* var. *meridionalis*), síndrome de la muerte súbita (*Fusarium solani* f. sp. *glycines*), mancha ojo de rana (*Cercospora sojina*), podredumbre carbonosa

<sup>1</sup> Departamento de Tecnología, Universidad Nacional de Luján. Ruta 5 y 7 (6700) Luján. Argentina. gallymin@s6.coopenet.com.ar

del tallo (*Macrophomina phaseolina*), podredumbre de la raíz y la base del tallo (*Phytophthora sojae*), virosis y bacteriosis.

Entre las enfermedades que forman el llamado "complejo de fin de ciclo" se encuentran la antracnosis (*Colletotrichum truncatum*), tizón del tallo y mancha púrpura de la semilla (*Cercospora kikuchii*), mancha ojo de rana (*Cercospora sojina*), mancha anillada (*Corynespora cassiicola*), mancha marrón (*Septoria glycines*), tizón de la vaina y tallo (*Phomopsis sojae*), mildiú (*Peronospora manshurica*) y mancha foliar por alternaria (*Alternaria* spp.). Los microorganismos citados constituyen ejemplos de los graves inconvenientes que pueden llegar a ocasionar los patógenos en la soja (Vallone y Giorda 1997, Ploper et ál. 2001).

En la actualidad, la producción de soja de la Argentina enfrenta la amenaza de una nueva enfermedad, la roya asiática de la soja (*Phakopsora pachyrhizi*). En Sudamérica está presente desde el 2001 y en nuestro país a partir del 2002, en las provincias de Misiones y Corrientes, extendiéndose actualmente a casi todas las zonas de producción del país (Rossi 2003).

Es ampliamente conocido que las enfermedades de las semillas causan pérdidas en las economías agropecuarias. Obtener un producto de alta calidad libre de enfermedades y que pueda mantener dicha condición en el tiempo es el resultado de prácticas agronómicas apropiadas durante la producción, de un manejo adecuado durante la cosecha y de un cuidadoso almacenaje postcosecha.

Las semillas de mediana calidad conducen a una baja población de plantas, agravada por una distribución dispareja, factores que actúan negativamente sobre el rendimiento. Por el contrario, las semillas de alta calidad se reflejan directamente en el cultivo resultante en términos de buena densidad, uniformidad de población, ausencia de enfermedades transmitidas por las semillas, rápida emergencia que evita el ataque de hongos del suelo, y alto vigor de plántulas.

La incidencia de los distintos microorganismos transmitidos por las semillas se destaca en distintos trabajos en Argentina (Gally et ál. 2006, Sillon et ál. 2006). En la zona de producción central pampeana se presentan con mayor incidencia, causando podredumbre en semillas, *Phomopsis* spp. y *Fusarium* spp. En los últimos años se ha incrementado la incidencia de *Cercospora* spp., con valores de hasta el 15%; *Alternaria* spp. generalmente se presenta con alta incidencia pero con poca severidad (Vallone y Giorda 1997, Gally y González 1999).

Es de suma importancia el manejo apropiado del cultivo para evitar las infecciones y, de esa manera, manejar

correctamente los tratamientos químicos preventivos y curativos de las semillas. En este trabajo se describirán las sintomatologías típicas de cada enfermedad con el fin de contribuir a un buen diagnóstico y un manejo apropiado de ellas.

## Enfermedades de las semillas

### Podredumbre y deterioro la semilla por *Alternaria*

Puede estar presente en todas las partes de la planta de soja, pero suelen estar asociadas a vainas y semillas en infecciones múltiples, las que ocurren durante la senescencia del cultivo y se ven favorecidas por períodos de humedad elevada y demoras en la cosecha, daño por insectos, bajas temperaturas y heridas.

**Agente causal:** *Alternaria* spp.

**Sintomatología:** La aparición de este hongo se asocia siempre a la senescencia del cultivo. Se observa un oscurecimiento de las semillas cuando se desarrolla el micelio típico de *Alternaria*, lo que ocurre bajo condiciones de humedad ambiente mayores al 85%. Los porcentajes de infección son muy altos, mayores al 50%, pero a menudo no se relacionan con una disminución en la germinación. Se aloja externamente en tegumento.

**Manejo de la enfermedad:** utilizar variedades resistentes y rotaciones, ya que perdura en los rastrojos.

### Antracnosis

Las plantas de soja son susceptibles a esta enfermedad en todos sus períodos de crecimiento. Las temperaturas de 30 °C o mayores del verano en el norte del país favorecen la severidad de la enfermedad, provocando pérdidas de rendimiento y calidad.

**Agente causal:** *Colletotrichum* spp.

**Sintomatología:** puede haber *damping-off* de pre- y postemergencia cuando se siembran semillas infectadas. Aparecen acérvulas de color negro con setas que parecen pelos. Las semillas con infecciones graves en las vainas pueden enmohecerse, arrugarse y tornarse marrón oscuro; las menos infectadas pueden a veces no mostrar sintomatología. A la madurez tallos y vainas presentan áreas oscuras de tamaño variable, donde se observan las fructificaciones del hongo.

**Características epidemiológicas:** el patógeno se perpetúa a través de restos de tejidos afectados, semillas contaminadas,

malezas y otros cultivos. Es una enfermedad de precosecha, y se manifiesta con temperaturas superiores a 25 °C.

**Manejo de la enfermedad:** sembrar semillas libres del patógeno y variedades resistentes, así como realizar rotaciones de cultivos.

#### **Podredumbre de la semilla por *Fusarium***

En la región pampeana de Argentina ha sido el hongo de mayor frecuencia en las últimas campañas agrícolas. Generalmente aparece asociado a *Phomopsis* spp., y los síntomas de ambos son difíciles de diferenciar en las plántulas.

**Agente causal:** se han aislado diversas especies de *Fusarium* de semillas de soja, entre las cuales se encuentran *F. semitectum*, *F. equiseti*, *F. solani*, *F. moniliforme*, *F. oxysporum*, y *F. graminearum*.

**Sintomatología:** en muchos casos la enfermedad se evidencia fácilmente como un desarrollo micelial algodonoso de colores rosa claro, amarillento o blanco, cuando las muestras están expuestas a condiciones de alta humedad (mayores del 80%) y temperaturas de 25 °C. Se localiza en los tegumentos en el casi 100% de los casos. Luego del período de almacenaje, si se mantiene activo el patógeno, es responsable de la muerte de plántulas, *damping-off* y de plántulas anormales en el período de germinación y emergencia (podredumbre de raíces y plúmula). Ha sido uno de los responsables del deterioro patológico, disminuyendo el vigor de las semillas. Esto pudo comprobarse en laboratorio y campo con pruebas de vigor o pruebas de estrés y en siembras tempranas con bajas temperaturas (Giachino et ál. 2004).

**Características epidemiológicas:** en las semillas se encuentra ubicado normalmente en los tegumentos puede pasar al cotiledón en infecciones severas. Las especies citadas de *Fusarium* son organismos de hábitos saprófitos que pueden permanecer en residuos de cosechas y en el suelo.

**Manejo de la enfermedad:** variedades resistentes, destrucción de rastrojos.

#### **Mancha púrpura de la semilla**

Es una enfermedad difundida en Argentina en las últimas campañas No suele causar pérdidas de rendimiento, pero según las variedades afectadas y el grado de ataque en las mismas puede afectar el vigor de las plántulas.

**Agente causal:** *Cercospora kikuchii*.

**Sintomatología:** se evidencia en hojas, tallos y vainas, aunque los síntomas más llamativos se presentan en la semilla, los cuales muestran áreas de color púrpura que varían en tamaño y color (desde un rosa pálido hasta un púrpura oscuro). Los porcentajes de semilla afectada van de 30 a 6%. Las semillas asintomáticas también pueden ser portadoras de patógenos.

Las semillas infectadas generalmente no tienen una menor germinación en las pruebas de rutina en el laboratorio, pero pueden presentar menor vigor, por ejemplo en ensayos de envejecimiento acelerado o prueba de frío. Los resultados de las pruebas de vigor tienen mejor correlación con la emergencia a campo, es decir, reflejan mejor la situación real en el campo.

**Características epidemiológicas:** el patógeno sobrevive en semillas y en restos de plantas afectadas. El hongo penetra por la región del hilo y se localiza en el epiderma, ocasionalmente en los cotiledones, y raramente en la plúmula. La infección tiene lugar durante el período de floración. A diferencia de *Phomopsis* spp. y otros hongos de semilla, su incidencia no aumenta si la cosecha se demora. Existen malezas y otros cultivos que actúan como hospedantes alternativos.

**Manejo de la enfermedad:** variedades resistentes, siembra de semillas sanas.

#### **Mildiú**

Esta enfermedad tiene distribución mundial, y se presenta normalmente en las áreas sojeras de Argentina. Existen varias razas del hongo causal de esta enfermedad.

**Agente causal:** *Peronospora manshurica*.

**Sintomatología:** Las semillas infectadas pueden ser asintomáticas o mostrar una costra que las recubre parcial o totalmente, formada por micelio y fructificaciones del hongo. También pueden ser más chicas y livianas si se comparan con aquellas provenientes de plantas sanas. Las semillas infectadas pueden dar origen a plántulas con infección sistemática de menor tamaño con hojas color verde más claro y anomalías en las formas. Los síntomas locales en hojas son los típicos mildiú, mancha necrótica en la cara adaxial y eflorescencia blanquecina en la cara abaxial.

**Características epidemiológicas:** el hongo se transmite por semillas y suelo (oosporas, que son esporas de resistencia), dando lugar a infecciones sistémicas, y también de plantas

infectadas a plantas sanas por esporas que se desplazan a través del aire, dando lugar a infecciones locales. Las semillas infectadas constituyen el inóculo primario (infección sistémica) y las plantas con síntomas de mildiú originan las infecciones secundarias (localizadas). La enfermedad se ve favorecida por humedad mayor del 90% y temperaturas de 20 a 22 °C.

**Manejo de la enfermedad:** variedades resistentes, rotaciones de cultivos.

#### **Tizón de la vaina y del tallo y podredumbre de semilla por *Phomopsis***

Esta enfermedad es considerada endémica en casi todas las áreas productoras de soja en el mundo, llegando a causar importantes pérdidas cuando se registran condiciones de alta humedad y temperatura en los períodos próximos a la madurez del cultivo.

**Agentes causales:** *Diaporthe* spp., *Phomopsis* spp.

**Sintomatología:** en la madurez del cultivo se observan puntuaciones alineadas, que son las fructificaciones del hongo. Las infecciones ocurren al final del ciclo del cultivo en tallos, pecíolos, vainas y semillas. Las semillas infectadas pueden no mostrar síntomas, aunque lo más común es que sean arrugadas, con rajaduras y, en ocasiones, evidencian micelio blanco, a veces con fructificaciones (picnidios) que se observan como puntos negros. Estas semillas no germinan o bien lo hacen con retardo, dando origen a plántulas débiles en las que se observa *damping-off* en pre- o postemergencia.

**Características epidemiológicas:** El agente causal sobrevive, como micelio latente, en restos de cosecha de soja u otros hospedantes y en semillas infectadas. La fuente primaria de inóculo, fundamental para la diseminación a largas distancias, es la semilla infectada o contaminada con restos vegetales. El hongo está generalmente en los tegumentos, pero puede llegar al embrión, los cotiledones y la plúmula en infecciones severas.

**Manejo de la enfermedad:** siembras tempranas o con variedades de ciclo corto que eviten la demora de cosecha y las exposiciones a alta humedad en madurez fisiológica; semilla de alta calidad inicial; rotaciones de cultivos.

#### **Podredumbre de tallo por *Sclerotinia***

Es una enfermedad polífaga y muy destructiva, ya que en condiciones de elevada humedad produce podredumbres.

**Agente causal:** *Sclerotinia sclerotiorum*

**Sintomatología:** este patógeno provoca podredumbres de semillas y también es contaminante. Las semillas sintomáticas son achatadas, deshidratadas y comúnmente pueden aparecer mezcladas con las formas de resistencia del hongo llamados "esclerotos". En las vainas, las semillas pueden ser afectadas totalmente y ser reemplazadas por esclerotos, o bien germinar pero desarrollando mucho micelio que termina por destruirlas. Las semillas asintomáticas también pueden estar contaminadas por micelio.

**Características epidemiológicas:** El hongo sobrevive de manera saprofita e infecta por medio de ascosporas y esclerotos. En el caso de las semillas de soja el peligro es que las bolsas estén contaminadas con estos cuerpos de resistencia (esclerotos) y al sembrarlas se introduzcan simultáneamente en el suelo. Los esclerotos, favorecidos con alta humedad, producen micelio y originan podredumbres en los órganos en que se desarrollan.

**Manejo de la enfermedad:** los esclerotos del hongo polífago sobreviven en el suelo por largos períodos, por lo que se recomiendan rotaciones con gramíneas por períodos de más de cinco años. Se recomiendan también la siembra de semillas libres de esclerotos y micelio; evitar la siembra de cultivares altos que formen un techo que mantiene una elevada humedad relativa; mantener una buena aireación del cultivo y controlar la densidad de siembra; y limpiar cosechadoras y otros equipos para que estén libres de material contaminante.

#### **Hongos de almacenaje**

Hay otros hongos, como *Penicillium* spp. y *Aspergillus* spp., denominados "hongos de almacenaje típicos" que incrementan su población en el almacenamiento en forma proporcional a los incrementos de humedad y temperatura. Estos hongos colonizan activamente las semillas, produciendo deterioros. Los daños mecánicos y daños por insectos son una puerta de entrada para estos microorganismos.

**Agentes causales:** *Penicillium* spp. y *Aspergillus* spp.

**Manejo de la enfermedad:** evitar los daños mecánicos y la presencia de insectos, así como la humedad excesiva durante el almacenaje y las cosechas tardías luego de la madurez fisiológica de las semillas.

#### **Otros géneros presentes con menor incidencia**

Estos hongos tienen una incidencia baja en semillas y se

presentan en forma variable, dependiendo de las condiciones climáticas en distintas zonas de producción de soja. Entre ellos están *Macrophomina phaseolina*, *Myrothecium* spp., *Septoria glycines*, *Drechslera tetrámera* y *Cercospora sojina*.

#### Otros hongos presentes en semillas de soja en Argentina

Estos hongos se encuentran con alta incidencia, pero no suelen causar problemas en la germinación: *Cladosporium* spp., *Epicoccum* spp., *Phoma* spp. y *Rhizopus* spp.

#### Literatura citada

- Gally, T; González, B. 1999. Presencia de hongos que afectan a la calidad de las semillas de soja en Argentina. Congreso de la Sociedad Mexicana de Fitopatología (26) y Congreso Latinoamericano de Fitopatología (10, Guadalajara, MX). Memorias. Guadalajara, Jalisco, MX. p. 86.
- Gally, T; Pantuso, F; González, B. 2000. Evaluation of physiological and sanitary quality of soybean seed. *Phytopathology* 90:527.
- Gally, T; González, B; Pantuso, F. 2002. Patógenos de soja en genotipos de distinta calidad. Jornadas de la ciencia y la tecnología. 60 p.
- Gally, T; González, B; Pantuso, F. 2006. Efecto conjunto de *Fusarium* spp. y *Phomopsis* spp., patógenos transmitidos por las semillas en plántulas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). *Revista Mexicana de Fitopatología*. 24-1:156-158, 122.
- Giachino, V; Gally, T; Pantuso, F. 2004. Evaluación de ensayos de vigor en semillas de soja de distinta calidad y su correlación con la emergencia a campo. *JORNACITI*. p. 31.
- Ploper, LD. 1996. Curso de diagnóstico y manejo de enfermedades de soja, Patología de Semillas INTA, Pergamino Buenos Aires Argentina.
- Sinclair, JB; Backman, PA. (eds.). 1989. Compendium of soybean diseases. 3 ed. St. Paul, Minnesota, US, The American Phytopathological Society. 134 p.
- Plopper, LD; Gálvez, MR; González, V; Jaldo, H; Zamorano, MA; Devani, M. 2001. Manejo de las enfermedades de fin de ciclo en el cultivo de soja. *Avance agroindustrial* 22(1):320-26.
- Rossi, RL. 2003. First report of *Phakopsora pachyrhizi*, the causal organism of soybean rust in the Province of Misiones, Argentina. *Plant Disease* 87(1):102.
- Sillon, M; Gally, T; Weber, E; Albrecht, J; Borsarelli, J; Brusa, N; Galetto, E; Tuninetti, R; Recanatense, J. 2006. Qué hongos sembramos con nuestras semillas? Estudios de calidad sanitaria en AFA zona norte. *Revista Agricultores* 74.
- Vallone, S; Giorda, L. 1997. Enfermedades de la soja en la Argentina. Argentina, INTA-Centro Regional Córdoba. 72 p.

# Falsa mancha angular del frijol: una enfermedad que avanza en Costa Rica

Walter Barrantes S.<sup>1</sup>  
Carlos Manuel Araya F.<sup>2</sup>  
Alejandro Esquivel, H.<sup>3</sup>

**RESUMEN.** La falsa mancha angular, causada por el nematodo *Aphelenchoides* spp., es una enfermedad del frijol que ha incrementado su incidencia y severidad en los últimos años. Apareció a inicios de la década de los 90 en la Región Brunca, y durante el ciclo agrícola 2003-2004 se observó un ataque severo en plantaciones de la Región Huetar Norte. El nematodo produce lesiones necróticas de forma angular, con borde definido, ligero halo clorótico, las que se pueden distribuir en toda la lámina foliar, pero es común encontrarlas concentradas en la parte basal de los folíolos. Por la semejanza de los síntomas, se ha confundido con la mancha angular de origen fungoso (*Phaeoisariopsis griseola*), lo que ha enmascarado su presencia y el productor ha subestimado el verdadero efecto negativo sobre el rendimiento. El Programa de Investigación y Transferencia de Tecnología (PITTA) de Frijol ha alertado en los últimos años sobre el avance de esta enfermedad y las pérdidas de rendimiento observadas que han alcanzado hasta el 50%. Es necesario iniciar proyectos de investigación para conocer mejor la epidemiología de la enfermedad, para así implementar las medidas de combate pertinentes.

**Palabras clave:** *Aphelenchoides* spp., enfermedades de las plantas, *Phaseolus vulgaris*.

**ABSTRACT. False angular leaf spot in beans: an advancing disease in Costa Rica.** False angular leaf spot in beans, caused by the nematode *Aphelenchoides* spp., is an emergent disease in Costa Rica. It was first observed in the early 90s at the Brunca Region, but during the 2003 crop season the disease was detected in the Northern Huetar Region. The nematode causes angular necrotic lesions with a chlorotic halo, randomly distributed on the leaves; lesions are commonly located near the leaf base. Because of the similar symptoms, this disease has been misidentified as the fungal angular leaf spot caused by *Phaeoisariopsis griseola*, a fact that has masked its prevalence and distorted the detrimental effect on yield. The Research and Technology Transference Program (PITTA) has alerted about the progress of this disease in recent years and the need for a better understanding on the epidemiology of the false angular leaf spot, as well as to evaluate control measures.

**Keywords:** *Aphelenchoides* spp., *Phaseolus vulgaris*, plant diseases.

## Introducción

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es un componente importante en la dieta del costarricense. De acuerdo con la encuesta de nutrición realizada en 1996, este alimento es consumido por el 98% de la población. Su consumo en las zonas rurales alcanza 15,6 kg per capita, con una demanda nacional alrededor de 40.000 t/año (Dumani 2001, Rodríguez y Dumani 2000).

Existe una serie de factores que inciden negativamente en la producción de frijol a escala nacional. Algunos escapan al control del agricultor, como la apertura de mercados y la

política de gobierno de favorecer la importación del grano, que han causado incertidumbre entre los productores, mientras que otros, más domésticos, están relacionados con el manejo agronómico del cultivo, la época de siembra, las variedades utilizadas, y los problemas nutricionales o fitosanitarios. Dentro de este último aspecto, la enfermedad conocida como falsa mancha angular (FMA), ha ocasionado enormes pérdidas en rendimiento; sin embargo, su efecto ha sido despreciado por muchos años porque los síntomas que produce son muy semejantes a los de la mancha angular de origen fungoso (*Phaeoisariopsis griseola*) (Barrantes y Araya 2004).

<sup>1</sup> Estación Experimental Fabio Baudrit M. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. wbarran@cariari.ucr.ac.cr

<sup>2</sup> Laboratorio de Fitopatología. Escuela de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional. Costa Rica. caraya@una.ac.cr

<sup>3</sup> Laboratorio de Nematología. Escuela de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional. Costa Rica. aesquive@una.ac.cr

## Descripción de la enfermedad

La enfermedad presenta lesiones necróticas aguzadas en la base de la hoja, en el punto de unión con el pedúnculo; en la lámina foliar se observan lesiones angulares de color oscuro, de aspecto acuoso, con bordes bien definidos y distribución al azar (Fig. 1). En la literatura se mencionan dos especies de *Aphelenchoides* causando los mismos síntomas en plantas de frijol. Salas y Vargas (1984) identificaron a *Aphelenchoides besseyi* Christie en Costa Rica, mientras que Frank et ál. (1996) identificaron a *A. ritzemabosi* causando la enfermedad en campos de frijol en Wyoming.

Las observaciones hechas por Salas y Vargas (1984), así como las realizadas en el Laboratorio de Nematología de la Universidad Nacional, confirman a *A. besseyi* como responsable de la falsa mancha angular del frijol en Costa Rica. Este nematodo se caracteriza por su cuerpo delgado y una postura ventralmente curvada cuando se ha fijado con formaldehído caliente. La región cefálica es redondeada y ligeramente separada. El estilete es puntiagudo con nódulos basales poco desarrollados. El metacarpus ovalado con un aparato valvular distintivo. El campo lateral compuesto por cuatro líneas laterales. La cola es conoide, con un mucro compuesto por tres a cuatro procesos característicos de la especie (Hunt 1993).



**Figura 1.** Lesiones características de la enfermedad falsa mancha angular en plantas de frijol.

## La falsa mancha angular en Costa Rica

Las primeras epifitas registradas se observaron a inicios de la década de los 90 en la Región Brunca, donde se concentra alrededor del 25% de la producción nacional de frijol (Salazar 2004). Esta zona se caracteriza porque la producción está en manos de pequeños y medianos productores, se utilizan sistemas de siembra convencionales, los terrenos son de muy baja fertilidad y grandes pendientes, predominan los cultivares criollos, y es reducido el uso de semilla certificada. Esas condiciones de cultivo, más el hecho de que los síntomas que produce son idénticos a la mancha angular de origen fungoso, han favorecido la presencia de la enfermedad por varios años, sin que se llegara a determinar su verdadero origen e impacto económico.

A partir del año 2002, la enfermedad también se presentó en algunas parcelas experimentales de selección y evaluación de germoplasma que realiza el PITTA frijol en la Región Huertar Norte. Este hallazgo es de gran relevancia ya que en esa región se produce actualmente el 50% del frijol nacional. (Salazar 2004) Para el siguiente ciclo de cultivo —2003—, se observaron pérdidas de alrededor del 50% por causa de la enfermedad, en las mismas parcelas experimentales donde se evaluaron materiales genéticos élitos avanzados, de interés para América Central (Araya y Hernández 2003, Hernández y Araya 2003).

La falta de conocimiento sobre los componentes epidemiológicos de la enfermedad es, quizás, la principal causa de las pérdidas de rendimiento que se han acumulado en los últimos años, primero concentradas en la Región Brunca y, a partir del ciclo agrícola 2003-2004, en grandes extensiones en la región Huertar Norte (Araya y Hernández 2003). En un muestreo reciente realizado por miembros de PITTA, en campos comerciales de frijol localizados en Los Chiles, provincia de Alajuela, se determinó la presencia del nematodo en todas las muestras, con una densidad poblacional que varió entre 3 y 947 individuos por cada 10 g de peso fresco de follaje (Lab. Nematología UNA, datos sin publicar). El nematodo fue detectado también en pecíolos y vainas.

La situación antes mencionada ha alertado al Programa de Investigación y Transferencia de Tecnología en Frijol y a los programas de mejoramiento genético de la Universidad de Costa Rica y la Universidad Nacional, para intensificar los estudios sobre la enfermedad.

Se considera que precisamente la falta de conocimiento es lo que ha facilitado la diseminación del nematodo y el aumento paulatino, pero constante, de los daños y pérdidas ocasionadas en las principales regiones frijoleras del país. Por ser la FMA una enfermedad emergente, aún no se cuenta en Costa Rica con información documental suficiente,

con excepción de los trabajos de evaluación de viveros internacionales y parcelas de validación que lleva a cabo el PITTA frijol. El primer documento escrito se publicó el año pasado (Araya y Hernández 2003), y da cuenta de la distribución geográfica de la falsa mancha angular. Sin embargo, en nuestro país se conoce muy poco acerca de los mecanismos de diseminación, formas de sobrevivencia, nivel de resistencia en las variedades comerciales de frijol, persistencia en los sistemas de siembra utilizados comúnmente por el agricultor (monocultivo, en asocio, rotación con maíz o arroz); así como con los sistemas de labranza (mínima o semi-mecanizado). Es urgente conocer más sobre la epidemiología de esta enfermedad con el fin de diseñar estrategias de combate en el menor plazo posible, y reducir las pérdidas en rendimiento.

### Literatura citada

- Araya, CM; Hernández, JC. 2003. Distribución agroecológica de enfermedades de frijol en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 8:26-33.
- Barrantes, W; Araya, CM. 2004. Falsa mancha angular del frijol; una enfermedad que avanza. *In* PITTA FRIJOL. Reunión Anual del Sector Frijolero de Costa Rica (8, Santa Clara, San Carlos, CR, 2004). Memorias. p. 53-54.
- Dumani, M. 2001. Producción nacional de frijoles: su significado para la salud y el estado nutricional de la población costarricense. *In* PITTA FRIJOL. Taller de Resultados de Investigación y Transferencia de Tecnología (5, Alajuela, CR, 2001). Memorias. p. 13-16.
- Frank, GD; Beaupere, CM; Gray, FA; Hall, RD. 1996. Nematode angular leaf spot of dry bean in Wyoming. *Plant Disease* 80:476-477.
- Hernández, JC; Araya, CM. 2003. Cabecar, variedad de frijol grano rojo para Costa Rica. *In* PITTA FRIJOL. Reunión Anual del Sector Frijolero de Costa Rica (7, INBIO, Heredia, CR, 2003). Memorias. p. 21-28.
- Rodríguez, L; Dumani, M. 2000. Campaña educativa con respecto al consumo de frijol. *In* PITTA frijol. Taller Anual de Resultados de Investigación y Transferencia de Tecnología (4, Costa Rica, 2000). Memorias. p. 31-45.
- Salas, LA; Vargas, E. 1984. El nematodo foliar *Aphelenchoides besseyi* Cristie (Nematode: Aphelenchoididae) como causante de la falsa mancha angular del frijol de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 8:65-68.
- Salazar, JJ. 2004. La actividad de frijol en Costa Rica durante el año 2004. *In* PITTA FRIJOL. Reunión Anual del Sector Frijolero de Costa Rica (8, Santa Clara, San Carlos, CR, 2004). Memorias. p. 5-11.



# Situación actual del manejo de las plagas de los cítricos en Tamaulipas, México

Enrique Ruíz C.<sup>1</sup>  
Juana M.A. Coronado B.<sup>1</sup>  
Svetlana N. Myartseva<sup>1</sup>

**RESUMEN.** Los cítricos son los frutales de mayor importancia económica en el Estado de Tamaulipas, México. La negrilla, *Phyllocoptruta oleivora* Ashmead, es la plaga primaria más común. Cincuenta y cuatro especies (48 de insectos, 6 de ácaros) han sido registradas como plagas potenciales. Se han recolectado 44 especies de parasitoides (Hymenoptera) y 15 de depredadores (Coleoptera, Diptera, Neuroptera y Phytoseiidae). Se comenta el estatus actual de las principales plagas.

**Palabras clave:** cítricos, plagas, enemigos naturales, Tamaulipas, México.

**ABSTRACT.** The current status of citrus pest management in Tamaulipas, México. Citrus are the most economically important fruit crop in the State of Tamaulipas, Mexico. The citrus rust mite, *Phyllocoptruta oleivora* Ashmead, is the commonest primary pest. Fifty-four species (48 insects, 6 mites) have been recorded as potential pests. Forty-four species of parasitoids (Hymenoptera) and 15 of predators (Coleoptera, Diptera, Neuroptera and Phytoseiidae) have been collected. We comment on the current status of the main pests.

**Keywords:** citrus, pests, natural enemies, Tamaulipas, Mexico.

## Introducción

El Estado de Tamaulipas, localizado en el noreste de la República Mexicana, es un importante productor de cítricos en una superficie mayor a las 45.000 ha, principalmente de naranjas dulces, aunque también se cosechan mandarinas, toronjas y limones. Se trata de cultivos exóticos atacados por diferentes plagas, entre las cuales el arador de la naranja o negrilla, *Phyllocoptruta oleivora* Ashmead, es la de mayor importancia económica por reducir el tamaño de la fruta y/o por oscurecer la cáscara del fruto, afectando significativamente su valor comercial.

Hace una década, Ruíz (1997) publicó una relación de 27 especies de plagas primarias, secundarias y ocasionales de los cítricos de Tamaulipas (3 de ácaros y 24 de insectos), además de 19 especies de sus enemigos naturales, señalando la presencia de otras 8 especies parasíticas de escamas en otros estados citrícolas del país. Posteriormente, otros autores registraron varias plagas potenciales en cítricos de Tamaulipas: Coronado et ál. (2000) 4 especies de chicharritas, Gaona et ál. (2000) 4 especies de pulgones y Coronado et ál. (2006) 2

especies de picudos de la raíz. Por su parte, Ruíz et ál. (2001) reportaron los parasitoides nativos del minador de la hoja en Tamaulipas y norte del Estado de Veracruz.

Nuevas plagas exóticas han sido detectadas en los últimos 15 años: el minador de la hoja de los cítricos *Phyllocnistis citrella* Stainton (Ruíz y Coronado 1994), transmisor del *greening*, y el psílido asiático *Diaphorina citri* Kuwayama (Coronado y Ruíz 2004), transmisor de la clorosis variegada.

Los objetivos del presente trabajo son proporcionar la lista de plagas potenciales de los cítricos en Tamaulipas y de sus enemigos naturales y comentar el manejo de dichas plagas.

## Recolección de las plagas y sus enemigos naturales

En el período 1990-2006, se recolectaron insectos y ácaros presentes en el follaje de cítricos en forma directa y/o con redes entomológicas, en huertas de 9 municipios del centro

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Tamaulipas, UAM Agronomía y Ciencias 87149 Cd. Victoria, Tamaulipas, México. eruiz@uat.edu.mx, jmc coronado@uat.edu.mx, smyartse@uat.edu.mx

y sur de Tamaulipas (Victoria, Güémez, Hidalgo, Padilla, Abasolo, Llera, Xicoténcatl, Gómez Farías, Mante). Sus depredadores fueron recolectados directamente, después de observar su acción benéfica de alimentarse de las plagas potenciales.

Para obtener los parasitoides se tomaron muestras de hojas, ramitas o frutos infestados con plagas, para luego trasladarlos al Laboratorio de Control Biológico de la Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias-UAT para procesar las muestras, colocándolas en cajas de Petri o en otros recipientes de tamaños variados (según la muestra); las hojas o ramitas con más de una especie de escamas fueron cortadas para colocar por separado cada especie plaga. Tanto las plagas como los enemigos naturales fueron identificados por los autores y por especialistas de México y de otros países. El material se encuentra depositado en la Colección de Plagas de Cítricos y en la Colección de Hymenoptera de la UAM Agronomía y Ciencias, en Cd. Victoria, Tamaulipas.

### Insectos, ácaros y sus parasitoides

Se encontraron 44 especies de insectos y 5 de ácaros con potencial de ser plagas (Cuadro 1), así como 44 especies de sus parasitoides himenópteros y 15 de otros depredadores conocidos (especies de Coleoptera, Diptera, Neuroptera y Phytoseiidae) (Cuadro 2). Varela et ál. (2005) incluyen además otras 5 especies: el ácaro rojo de los cítricos *Panonychus citri* (McGregor), la chiva de ala ancha *Microcentrum rhombifolium* (Saussure), el saltamontes común del Este *Romalea microptera* (Beauv.), el saltamontes americano *Schistocerca americana* (Drury) y la termita *Kalotermes simplicicornis* (Banks). Por tanto, se han reportado 48 especies de insectos y 6 de ácaros como plagas potenciales de los cítricos en Tamaulipas.

En años recientes, las principales plagas de importancia económica han sido la negrilla, el psílido asiático, el minador de la hoja, la mosca prieta de los cítricos *Aleurocanthus woglumi* (Ashby) y la mosca mexicana de la fruta *Anastrepha ludens* (Loew).

### Ácaros

La negrilla se controla solamente con acaricidas, ya que los enemigos naturales detectados en forma natural (el ácaro *Euseius mesembrinus* Dean y una especie no identificada de mosca Cecidomyiidae) no reducen lo suficiente las poblaciones. Otro ácaro depredador, *Amblyseius victoriensis* (Womersley), introducido desde Australia por Ruiz et ál. (1999) prefirió alimentarse de la falsa araña *Brevipalpus californicus* (Banks) en pruebas de laboratorio; en Australia controla a la negrilla en bajas poblaciones.

Además de la negrilla, existen otras 4 especies de ácaros en las huertas que ocasionalmente causan daño económico, siendo controlados con acaricidas, especialmente la arañita de Texas, la cual puede provocar defoliación en los árboles. Un depredador de la arañita de Texas y de la falsa araña en los estados de Nuevo León (Badii y Flores 1990; Badii y Hernández 1993) y de Tamaulipas (Ruiz et ál. 1997) es el ácaro Phytoseiidae *Euseius mesembrinus* (Dean), el cual también se alimenta de polen de varias plantas.

En Texas, Estados Unidos, Anciso et ál. (2002) reportan otras 2 especies de falsa araña, *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) y *B. obovatus* (Donnadieu), las cuales no se han registrado en Tamaulipas.

### Insectos

El psílido asiático apareció en Tamaulipas en 2003 y después en la mayoría de los estados cítricos del país. Su presencia en los brotes de cítricos, especialmente en limoneros, puede ser alta por lo que se está controlando con insecticidas. Sin embargo, existe el parasitoide *Tamarixia* sp. (Coronado et ál. 2003) en Tamaulipas, por lo que es necesario identificar la especie, reproducirla y estudiarla en campo para determinar su efectividad.

El minador de la hoja de los cítricos se detectó en 1994 en Tamaulipas, donde causa daños en los brotes de cítricos. Se propuso la introducción del encírtido *Ageniaspis citricola* Logvinovskaya (Trjapitzin y Ruiz 1995), pero no fue necesario gracias a la acción de 10 especies de enemigos naturales ya presentes en las huertas o sus alrededores (Ruiz et ál. 2001). Esta situación se ha presentado también en otros estados y países, siendo problema principalmente en viveros y en huertos jóvenes. Recientemente, los autores discutieron la importancia de los himenópteros nativos para controlar esta plaga a nivel mundial (Ruiz y Coronado 2006).

La mosca prieta ha estado presente por más de 50 años en Tamaulipas, causando daño económico sólo en algunas temporadas. A partir del 2000, las poblaciones se han mantenido altas en muchos huertos, llegando a estar infestadas hasta 2500 ha en 2004; en el Estado de Nuevo León, México y en el de Texas, EUA, también ha habido daños económicos en este período. Muchos productores han basado el combate en insecticidas, aplicándolos en exceso porque la plaga se queda adherida al follaje y parece que sigue viva después de las aplicaciones. Se ha demostrado que el control biológico con *Encarsia perplexa* Huang & Polaszek, afelínido descrito en 1998 e introducido a México como *Prospaltella opulenta* en el siglo pasado, sigue funcionando si se deja de aplicar plaguicidas en los lotes infestados, por lo que es conveniente reforzar las

**Cuadro 1. Plagas potenciales de los cítricos en Tamaulipas, México**

CLASE	Nombre científico	Nombre común
Orden		
Familia		
<b>INSECTA</b>		
<b>Coleoptera</b>		
Curculionidae	<i>Pachnaeus litus</i> (Germar) <i>Pachnaeus opalus</i> (Olivier)	Picudo de la raíz de cítricos Picudo norteño de la raíz
<b>Diptera</b>		
Tephritidae	<i>Anastrepha ludens</i> (Loew) <i>Anastrepha obliqua</i> (Macquart) <i>Anastrepha serpentina</i> (Wiedemann) <i>Anastrepha striata</i> (Schiner)	Mosca mexicana de la fruta Mosca de la ciruela Mosca del mango Mosca de la guayaba
<b>Hemiptera</b>		
Coreidae	<i>Leptoglossus phyllopus</i> (L.)	Chinche de patas laminadas
Pentatomidae	<i>Nezara viridula</i> (Linnaeus)	Chinche verde apestosa
<b>Homoptera</b>		
Aleyrodidae	<i>Aleurocanthus woglumi</i> (Ashby) <i>Aleurothrixus floccosus</i> (Maskell) <i>Dialeurodes citri</i> (Ashmead) <i>Dialeurodes citrifolii</i> (Morgan) <i>Paraleyrodes</i> sp.	Mosca prieta de los cítricos Mosquita blanca lanuda Mosquita blanca de los cítricos Mosquita blanca de alas nubosas Mosquita blanca de nidos
Aphididae	<i>Aphis gossypii</i> Glover <i>Aphis spiraecola</i> Patch <i>Toxoptera aurantii</i> Boyer de F.	Pulgón del algodónero Pulgón verde Pulgón negro de los cítricos
Cicadellidae	<i>Homalodisca coagulata</i> (Say) <i>Homalodisca insolita</i> (Walker) <i>Oncometopia clarior</i> (Walker) <i>Oncometopia</i> sp. ca. <i>nigricans</i> (Walker)	Chicharrita de alas cristalinas Chicharrita Chicharrita Chicharrita
Coccidae	<i>Coccus hesperidum</i> (Linnaeus) <i>Coccus viridis</i> (Green) <i>Saissetia oleae</i> (Olivier)	Escama suave café Escama verde Escama negra
Diaspididae	<i>Aonidiella aurantii</i> (Maskell) <i>Aonidiella citrina</i> (Coquillett) <i>Chrysomphalus aonidum</i> (L.) <i>Lepidosaphes beckii</i> (Newman) <i>Lepidosaphes gloverii</i> (Packard) <i>Parlatoria pergandii</i> Comstock <i>Pinnaspis aspidistrae</i> (Signoret) <i>Pinnaspis strachani</i> (Cooley) <i>Unaspis citri</i> (Comstock)	Escama roja de California Escama amarilla Escama roja de Florida Escama púrpura Escama guante Escama paja Escama helecho Escama nieve menor Escama nieve de los cítricos
Margarodidae	<i>Icerya purchasi</i> Maskell	Escama algodonosa acanalada
Pseudococcidae	<i>Planococcus citri</i> (Risso)	Piojo harinoso de los cítricos
Psyllidae	<i>Diaphorina citri</i> Kuwayama	Psílido asiático de los cítricos
<b>Hymenoptera</b>		
Formicidae	<i>Atta mexicana</i> (Buckley) <i>Solenopsis geminata</i> (Fabricius)	Hormiga arriera Hormiga de fuego tropical
<b>Isoptera</b>		
Termitidae	<i>Reticulitermes flavipes</i> (Kollar)	Termita subterránea
<b>Lepidoptera</b>		
Gracillariidae	<i>Phyllocnistis citrella</i> Stainton	Minador de la hoja de los cítricos
Noctuidae	<i>Mocis latipes</i> (Gueneé)	Falso medidor de los pastos
Papilionidae	<i>Heraclides crespontes</i> (Cramer)	Gusano perro de los cítricos
<b>Orthoptera</b>		
Acrididae	<i>Schistocerca americana</i> (Drury)	Chapulín americano
Tettigoniidae	<i>Scudderia mexicana</i> (Saussure)	Chiva de los cítricos
<b>Thysanoptera</b>		
Thripidae	<i>Scirtothrips citri</i> (Moulton)	Trips de los cítricos
<b>ACARINA</b>		
Eriophyidae	<i>Phyllocoptruta oleivora</i> Ashmead	Negrilla o arador de los cítricos
Tenuipalpidae	<i>Brevipalpus californicus</i> (Banks) <i>Tenuipalpus</i> sp.	Falsa araña Tenuipálpido
Tetranychidae	<i>Eutetranychus banksi</i> (McGregor)	Arañita de Texas
Tideidae	<i>Lorryia formosa</i> (Baker)	Tideido

**Cuadro 2. Enemigos naturales de las plagas de cítricos en Tamaulipas, México**

<b>Insectos plaga</b>	<b>Enemigo natural</b>
Mosca mexicana de la fruta	Braconidae: * <i>Diachasmimorpha longicaudata</i> (Ashmead), <i>Utetes divergens</i> (Muesebeck), <i>Doryctobracon areolatus</i> (Szepligeti), <i>Doryctobracon crawfordi</i> (Viereck)
Mosca prieta de los cítricos	Aphelinidae: * <i>Encarsia perplexa</i> Huang & Polaszek Platygasteridae: * <i>Amitus hesperidum</i> Silvestri Coccinellidae: <i>Delphastus pusillus</i> Le Conte
Mosquita blanca lanuda	Aphelinidae: <i>Encarsia americana</i> (De Bach & Rose), <i>Encarsia citrella</i> (Howard)
Pulgones	Alloxystidae: <i>Alloxysta megourae</i> (Ashmead) (hiperparásito) Braconidae: <i>Lysiphlebus testaceipes</i> (Cresson) Coccinellidae: <i>Coleomegilla maculata</i> (De Geer), <i>Cycloneda</i> sp., <i>Hippodamia convergens</i> Guerin Chamaemyiidae: <i>Leucopis</i> sp. Syrphidae: <i>Ocyptamies</i> sp., <i>Pseudodorus clavatus</i> Fab. Chrysopidae: <i>Chrysoperla rufilabris</i> Burmeister.
Chicharrita de alas cristalinas y especies cercanas	Mymaridae: <i>Gonatocerus ashmeadi</i> Girault, <i>Gonatocerus morrilli</i> (Howard), <i>Gonatocerus triguttatus</i> Girault Trichogrammatidae: <i>Ufens</i> n. sp.
Escama suave café	Aphelinidae: <i>Coccophagus lycimnia</i> (Walker)
Escama negra	Aphelinidae: <i>Coccophagus rusti</i> Compere
Escama roja de California	Aphelinidae: * <i>Alerus elegantulus</i> (Silvestri), * <i>Aphytis lingnanensis</i> Compere, <i>Encarsia citrina</i> (Craw), <i>Encarsia elongata</i> (Dozier) Encyrtidae: * <i>Comperiella bifasciata</i> Howard
Escama roja de Florida	Aphelinidae: <i>Aphytis holoxanthus</i> De Bach Encyrtidae: * <i>Pseudhomalopoda prima</i> Girault Coccinellidae: <i>Chilocorus cacti</i> (L.), <i>Scymnus</i> sp.
Escama guante	Aphelinidae: <i>Aphytis</i> sp.
Escama nieve menor	Aphelinidae: <i>Aphytis</i> sp.
Escama nieve de los cítricos	Aphelinidae: <i>Aphytis</i> spp.-grupo <i>lingnanensis</i> , <i>Encarsia citrina</i> (Craw). Encyrtidae: <i>Arrhenophagus chionaspidis</i> Aurivillius. Coccinellidae: <i>Zagloba beaumonti</i> Casey. Asilidae: <i>Atomosia macquarti</i> Bellardi Chrysopidae: <i>Chrysoperla</i> sp.
Escama <i>Icerya</i> sp.	Encyrtidae: <i>Brethesiella latifrons</i> Timberlake
Piojo harinoso de los cítricos	Encyrtidae: * <i>Coccidoxenoides peregrinus</i> (Timberlake)
Psílido asiático de los cítricos	Eulophidae: <i>Tamarixia</i> sp.
Minador de la hoja de los cítricos	Elasmidae: <i>Elasmus tischeriae</i> Howard Eulophidae: <i>Chrysocharodes</i> n. sp., <i>Cirrospilus</i> sp. B, <i>Cirrospilus</i> sp. C, <i>Cirrospilus floridensis</i> Evans, <i>Closterocerus</i> ca. <i>cinctipennis</i> Ashmead, <i>Galeopsomyia fausta</i> La Salle, <i>Horismenus</i> sp. (grupo <i>fraternus</i> ), <i>Pnigalio</i> sp., <i>Zagrammosoma multilineatum</i> (Ashmead). Chrysopidae: <i>Chrysoperla rufilabris</i> Burmeister
Falso medidor de los pastos	Trichogrammatidae: <i>Trichogramma pretiosum</i> Riley
<b>Ácaros plaga</b>	
Negrilla	Phytoseiidae: <i>Euseius mesembrinus</i> Dean Cecidomyiidae: (especie no identificada)
Falsa araña	Phytoseiidae: <i>Euseius mesembrinus</i> Dean Coccinellidae: <i>Stethorus utilis</i> (Horn).
Arañita de Texas	Phytoseiidae: <i>Euseius mesembrinus</i> Dean Coccinellidae: <i>Stethorus utilis</i> (Horn).

Nota: \* especie introducida deliberadamente o por ecesis.

liberaciones de esta avispa. *Amitus hesperidum* Silvestri (Platygasteridae), otro de los parasitoides introducidos con éxito hace décadas, prácticamente ha desaparecido en Tamaulipas y en Texas, por lo que se requiere su cría masiva y liberación nuevamente en las huertas.

Myartseva y Luna (2005) reportan las variaciones de color de los adultos de *E. perplexa* de los estados de Colima, Nuevo León, Tamaulipas y Texas, información muy útil al momento de reproducir y evaluar el parasitoide, ya que este podría confundirse con otras especies de *Encarsia*. Myartseva (2005) describió una nueva especie del Estado de Colima, México, *Encarsia colima*, la cual también parasita a la mosca prieta.

La mosca mexicana de la fruta es la única especie nativa entre las principales plagas anotadas. El manejo propuesto por la Campaña Nacional incluye el monitoreo con trampas MacPhail, la liberación de moscas estériles, la liberación del parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata* y el control químico con aspersiones aéreas de malatión. El manejo de la plaga no ha funcionado en muchos huertos porque los citricultores no recogen o no entierran la fruta caída, o no lo hacen de la manera apropiada. También es necesario evaluar la efectividad de las liberaciones de moscas estériles y del parasitoide para conocer su porcentaje de emergencia y su supervivencia en las huertas, donde las temperaturas pueden subir a más de 40 °C entre mayo y agosto. La temperatura óptima para el parasitoide es de sólo 25 °C.

Conviene señalar que en general los problemas con algunas escamas armadas han disminuido, debido a la acción de enemigos naturales introducidos intencionalmente hace más de 50 años, tales como *Aphytis lingnanensis* Compere y *Comperiella bifasciata* Howard sobre la escama roja de California *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Trjapitzin y Ruiz 2000) y *Pseudhomalopoda prima* Girault en la escama roja de Florida *Chysomphalus aonidum* (L.) (Trjapitzin y Ruiz 1997, Coronado et ál. 2004), especies benéficas que siguen presentes, contribuyendo al control de dichas escamas. Por su parte, Myartseva et ál. (2005) reportan que *Signiphora flavopalliata* Ashmead es hiperparásito de *A. aurantii* en Tamaulipas.

Otras especies parasíticas que ocurren en Tamaulipas pero que no fueron introducidas intencionalmente son el afelínido *Ablerus elegantulus* (Silvestri), especie africana que ataca a la escama roja de California (Myartseva et ál. 2001), y el encírtido *Coccidoxenoides peregrinus* (Timberlake), un parasitoide de origen asiático conocido por atacar al piojo harinoso de los cítricos *Planococcus citri* (Risso), el cual fue encontrado atacando a otro piojo harinoso, *Phenacoccus* sp. en okra (Trjapitzin y Ruiz 2000).

Este control biológico se ha visto afectado en algunos sitios por las aplicaciones aéreas de malatión efectuadas para el control de la mosca mexicana de la fruta y de la mosca prieta de los cítricos, ocasionando que aumenten las poblaciones de dichas escamas, siendo necesario aplicar insecticidas para su control.

También se encuentran 3 especies de escamas suaves: la escama suave café, la escama verde y la escama negra. En la actualidad, ninguna de ellas se considera como plaga. En Tamaulipas, la escama suave café es parasitada por el afelínido *Coccophagus lycimnia*, mientras que la escama negra es atacada por *Coccophagus rusti*, una especie africana que aparentemente entró a México por ecesis. Por su parte, Myartseva et ál. (2004) reportaron 17 parasitoides de *Saissetia* spp. en México, incluyendo 7 especies en Tamaulipas (en diversas plantas): los afelínidos *C. rusti* y *Marieta pulchella* (Howard), los encírtidos *Metaphycus luteolus* (Timberlake) y *Metaphycus* n. sp., el eupelmido *Lecaniobius* sp. prob. *capitatus* Gahan y los pteromálicos *Mesopeltita truncatipennis* (Waterston) y *Scutellista caerulea* (Fonscolombe).

En relación con la escama algodonosa acanalada, famosa por los graves problemas que ocasionó en el pasado, actualmente es difícil de encontrar, tanto en huertos como en jardines; la catarinita *Rodolia cardinalis* que fue liberada para su control no se ha recolectado por muchos años en el estado. El encírtido *Brethesiella latifrons* ha sido encontrado en Victoria, Tamaulipas, parasitando a *Icerya* (Olazarán y Ruiz 2001). Este hallazgo pudiera ser importante si se considera que en algunas regiones del sur de Europa y del norte de África esta escama sigue siendo una plaga primaria.

Otros homópteros plaga que ocurren en Texas son la escama percebe *Ceroplastes cirripediformis* (Comstock) (Coccidae), las mosquitas blancas *Paraleyrodes citri* (Bondar) y *Bemisia argentifolii* (Bellows & Perring), así como el saltahoja *Metcalfia pruinosa* (Say) (Anciso et ál. 2002).

Hay 4 especies de mosquitas blancas en cítricos del estado; generalmente no requieren control. La mosquita blanca lanuda es atacada por 2 especies de Aphelinidae: *Encarsia americana* (De Bach & Rose) y *Encarsia citrella* (Howard); Myartseva et ál. (2005) reportan a *Signiphora aleyrodis* Ashmead como hiperparásito de dicha mosquita en Tamaulipas.

La chicharrita de alas cristalinas *Homalodisca coagulata* (Say) ocurre ocasionalmente en cítricos (en primavera), pero es muy escasa; hay otras 3 especies de chicharritas emparentadas: otra del mismo género y 2 del género *Oncometopia* (Coronado et ál. 2000); ninguna de

ellas es plaga. *H. coagulata* es originaria del noreste de México y del sur de Estados Unidos; actualmente es plaga de los viñedos en California, EUA, y ya está atacando cítricos y algunas plantas ornamentales, por lo que es conveniente estar preparados por si cambia su estatus de importancia en México. En Tamaulipas se han recolectado 3 especies de *Gonatocerus* (Mymaridae) y una de *Ufens* (Trichogrammatidae), que son parasitoides de huevos de estas chicharritas.

Ocurren 2 especies de picudos de la raíz, *Pachnaeus litus* (Germar) y *P. opalus* (Olivier), los cuales no se han estudiado aunque aparentemente no presentan importancia económica por el momento. Anciso et ál. (2002) indican que en Texas se encuentran otras 3 especies, el picudo de cabeza dorada *Compsus auricephalus* (Say), *Epicaerus mexicanus* (Sharp) y, recientemente, el destructivo picudo barrenador de la caña de azúcar *Diaprepes abbreviatus* (Linnaeus), cuyas larvas consumen la corteza de las raíces de los cítricos, además de hacer túneles en las raíces laterales y principales de árboles desarrollados; a través de las heridas pueden entrar patógenos como los hongos *Phytophthora*, pudiendo ocasionar en conjunto la declinación y muerte de los árboles. Coronado et ál. (2006) indican que este picudo es de gran importancia económica en Florida, EUA, y que se espera que pronto se detecte en Tamaulipas o Nuevo León, México; dicho picudo ataca frutales y ornamentales, incluyendo más de 270 especies de plantas hospederas.

En 2006 se confirmó la presencia de la hormiga de fuego *Solenopsis invicta* en el norte de Tamaulipas (Matamoros). Esta hormiga causa problemas en las huertas cítricas de Texas, al picar a los trabajadores en sus distintas labores. En los próximos años, esta situación también puede ocurrir en Tamaulipas. Otra especie de hormiga de fuego presente en Texas, según Anciso et ál. (2002) es *Solenopsis richteri* (Forel).

En Tamaulipas, no se consideran plagas primarias a las siguientes especies: chinche de patas laminadas, chinche verde, pulgón del algodón, pulgón verde, pulgón negro de los cítricos, piojo harinoso de los cítricos, hormiga arriera ni a la hormiga de fuego neotropical.

Por otra parte, el pulgón café de los cítricos *Toxoptera citricida* Kirkaldy, transmisor de la "tristeza", presente en el vecino Estado de Veracruz, no ha sido encontrado en Tamaulipas. Un hecho importante es que en Texas se detectó el virus de la tristeza de los cítricos desde 1994 (Anciso et ál. 2002) en árboles no comerciales, y que en estudios de transmisibilidad del virus, efectuados con poblaciones locales de pulgones, se encontró que el pulgón verde *Aphis spiraecola* pudo transmitir aislados del virus en cítricos del Valle del Bajo Río Grande, zona citrícola

de Texas que colinda con Tamaulipas. Dicha especie de áfido es común en Tamaulipas y en otras zonas cítricas de México.

### Consideraciones finales

Se requiere de un Programa de Manejo Integrado de Plagas Cítricas que organice y dirija la investigación y el control de plagas, incluyendo la instalación de un laboratorio de cría masiva de enemigos naturales con la suficiente flexibilidad para producir parasitoides, depredadores u otros enemigos naturales en las cantidades necesarias y en la temporada del año en que los citricultores los requieran.

El conocimiento de las plagas de los cítricos y de sus enemigos naturales logrado hasta ahora en Tamaulipas favorecerá la implementación de dicho programa, el cual es importante también para reducir el uso de plaguicidas (especialmente los no selectivos) y sus efectos nocivos en la salud de productores, aplicadores y consumidores, favoreciendo el control biológico y otros métodos no contaminantes del ambiente.

### Agradecimientos

Al CONACYT, COTACYT y UAT, por su apoyo para la realización de estas investigaciones. A los especialistas A. Marín J., M.H. Badii Z., R. Peña M. (México), J. N. Artigas Coch (Argentina), M. Schauff, S. Triapitsyn, R. Wharton, J. V. French, R. Gill, H. Flint, C.A. Tauber (EUA), L.S. Coote (Canadá), J. LaSalle (Australia), E.M. Danzig, V.A. Trjapitzin, O.V. Kovalev, S.Y. Kuznetsov y E.Ya. Chouvakhina (Rusia), por la corroboración y/o identificación de plagas de cítricos y sus enemigos naturales.

### Literatura citada

- Anciso, JR; French, JV; Skatia, M; Sauls, JW; Holloway, R. 2002. IPM in Texas citrus. Texas Coop. Ext. B-6121. 51 p.
- Badii, MH; E. Flores, EE. 1990. Ecological studies of mites on citrus in Nuevo Leon, México: preliminary surveys for phytoseiids. Int. J. Acarol. 16:235-239.
- Badii, MH; Hernández, E. 1993. Ciclo y tablas de vida de *Euseius mesembrinus* (Dean) (Acari: Phytoseiidae) en diferentes tipos de alimento. Southwestern Entomology 18:305-314.
- Coronado B, J MA; Ruíz C, E. 2004. Registro del psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae) para México. Folia Entomol. Mex. 43(1):165-166.
- Coronado B, J MA; Ruíz C, E; Myartseva, SN. 2004. Aphelinidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) parasitoides de plagas de cítricos en Tamaulipas, México. México. Enc. Inv. Cient. y Tecnol. (16). Memorias. Golfo de México. p. 33-34.
- Coronado B, J MA; Ruíz C, E; Triapitsyn, SV. 2000. Chicharritas de la tribu Proconiini (Homoptera: Cicadellidae) asociadas a cítricos en Tamaulipas, México. Acta Zool. Mex. 81:133-134.
- Coronado B, J MA; Ruíz C, E; Peña, J. 2006. Picudos de los cítricos (Coleoptera: Curculionidae) en Tamaulipas, México. Enc. Inv. Cient. y Tecnol. (18). Memorias. Golfo de México. p. 30-31.
- Coronado B, J MA; Ruíz C, E; Myartseva, N; Gaona, GG. 2003. *Tamarixia* sp. (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoide del

- psílido asiático de los cítricos en Tamaulipas, México. Congreso Nal. Control Biológico (26). Memorias. Guadalajara, México. p. 71-73.
- Gaona, GG; Ruíz C; E; Peña M, R. 2000. Los pulgones (Homoptera: Aphididae) y sus enemigos naturales en la naranja, *Citrus sinensis* (L.), en la zona centro de Tamaulipas, México. Acta Zool. Mex. 81:1-12.
- Myartseva, SN. 2005. Notes on the species of the genus *Encarsia* Foerster (Hymenoptera: Aphelinidae) introduced to Mexico for biological control of the blackfly *Aleurocanthus woglumi* Ashby (Homoptera: Aleyrodidae), with description of a new species. Zoosystematica Rossica 14(1):147-151.
- Myartseva, SN; Luna S, JF. 2005. *Encarsia perplexa* Huang y Polaszek 1998 (Hymenoptera: Chalcidoidea, Aphelinidae) en México y el sureste de Texas, EUA. Folia Entomol. Mex. 44 (3):297-304.
- Myartseva, SN; Evans, GA; Coronado B., J MA. 2001. Nuevo registro y clave de identificación de las especies de *Ablerus* Howard (Hymenoptera: Aphelinidae) en América del Norte. Biotam 12 (2):21-30.
- Myartseva, SN; Ruíz C, E; Coronado B., J MA. 2004. Parasitoids (Hymenoptera: Chalcidoidea) of *Saissetia* spp. (Homoptera: Coccidae) in Mexico. Fruits 59:141-150.
- Myartseva, SN; Ruíz C, E; Coronado B, J MA. 2005. Signiphoridae (Hymenoptera: Chalcidoidea) hiperparasíticos y sus hospederos en México. Entomología Mexicana 4:937-940.
- Olazarán, AH; Ruíz C, E. 2001. *Brethesiella latifrons* Timberlake (Hymenoptera: Chalcidoidea: Encyrtidae), un parasitoide de *Icerya* sp. (Homoptera: Margarodidae) en el Estado de Tamaulipas, México. Biotam 12(1):47-54.
- Ruíz, C, E. 1997. Control natural y biológico de plagas cítricas en Tamaulipas, México. Mem. II Curso Int. Cit. Manejo Int. Fitosan. México. p. 131-135.
- Ruíz, C, E; Coronado B, JM. 1994. Minador de la hoja de los cítricos *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae: Phyllocnistinae). Foll. Entomol. No. 1. CIDAFF, UAT - UARCT. México. 2 p.
- Ruíz, C, E; Coronado B, JM. 2006. Importancia de los parasitoides nativos en el control natural del minador de la hoja de los cítricos *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae). Revisión. Biotam 14(2):57-72.
- Ruíz, C, E; Coronado B, JM; Mateos, C, JR. 1999. Notas sobre la biología y el manejo en laboratorio del ácaro depredador *Amblyseius victoriensis* (Womersley) (Acarina: Phytoseiidae). Acta Zoológica Mexicana 77:157-159.
- Ruíz, C, E.; Escamilla G, O; Briones E, F; Van Driesche, R. 1997. *Euseius mesembrinus* (Dean) in Tamaulipas, México. Acarology IX: Proceedings 4. 13, 221-222.
- Ruíz, C, E; Martínez B, C; Coronado B, JM; Mateos C, JR; Peña, JE. 2001. Himenópteros parasitoides de *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) en Tamaulipas y norte de Veracruz, México, con una clave para las especies. Folia Entomol. Mex. 40(1):83-91.
- Trjapitzin, VA; Ruíz C, E. 1995. *Ageniaspis citricola* Logvinovskaya: un parasitoide del minador de la hoja de los cítricos. Rev. UAT 44:59-64.
- Trjapitzin, VA; Ruíz C, E. 1997. *Pseudhomolopoda prima* Girault (Hymenoptera: Chalcidoidea: Encyrtidae), un parasitoide de la escama roja de Florida *Chrysomphalus aonidum* (Linnaeus) (Homoptera: Coccoidea: Diaspididae) en el Estado de Tamaulipas, México. Biotam 9(1):1-6.
- Trjapitzin, VA; Ruíz C, E. 2000. Encírtidos (Hymenoptera: Encyrtidae) de importancia agrícola en México. México. 162 p. (Serie Publicaciones Científicas CIDAFF-UAT no. 2).
- Varela F, SE; Villarreal M, JA; Silva A, GL; Benavides G, C; Maldonado M., N. (eds.). 2005. Manual para el manejo y producción de cítricos en Tamaulipas. Fund. Produce Tam.-CFICET-UARCT. México. 105 p.

## El injerto en la producción de cacao orgánico<sup>1</sup>

Jorge Echeverri Rodríguez<sup>2</sup>

### Introducción

Tradicionalmente, el cacao se ha multiplicado a través de la semilla sexual, originada de la polinización de una flor ocurrida en la naturaleza por acción de un insecto o del ser humano, para formar lo que llamamos un *híbrido*.

El productor suele tomar una semilla de las mejores plantas, sin conocer el origen del polen que le dio vida, ya que la mayoría de las plantas son *autoincompatibles*, esto es, necesitan del polen de otra planta diferente para quedar fecundadas. Este hecho hace que en un cultivo se den muchos tipos de plantas con características diferentes entre una y otra, incluso muchas veces muy diferentes a la planta madre que les dio origen. Esta variabilidad se da en la capacidad de producción, en el tamaño de los frutos, en la calidad de los granos y, muy seguramente, en su comportamiento frente a las plagas y enfermedades. Es por ello que en una plantación natural o de híbridos es tan difícil ver una misma producción en todos los árboles. Se dan plantas que pueden llegar a formar 40 y 50 frutos,

pero hay otras que no producen nada o son contadas las mazorcas aprovechables en ellas.

El ser humano ha querido resolver el problema de la variabilidad en la producción buscando plantas que produzcan una cantidad parecida de frutos, ya que de otra forma sería imposible obtener cosechas abundantes.

Es aquí donde el injerto tiene su utilidad, pues pretende colocar en todas las plantas de la parcela una yema de una planta muy productiva, de mejor adaptación y con mayor resistencia a las enfermedades que tantos problemas causan a la cacaocultura. Para ello, se coloca sobre una planta identificada como *patrón* una yema, que será la encargada de formar las ramas y en general la copa de la planta. Por eso, el éxito de esta labor radica en la selección de la planta que dará origen a todas las copas de su parcela. Si seleccionamos como copa una planta que produce mazorcas rojas, todas las plantas resultantes de la injertación con yemas de la planta seleccionada producirán mazorcas rojas.



Figura 1. Injerto y amarre de un injerto.

<sup>1</sup> Trabajo presentado en el V Encuentro Nacional de Experimentadores en Producción Orgánica, 21-23 agosto 2006.

<sup>2</sup> Asesor Técnico de la Finca La Amistad, Costa Rica. Tel.: (506) 236 6550; echeverri00@hotmail.com



Este artículo pretende describir de una manera sencilla el programa que se viene realizando en la finca La Amistad, ubicada en San Miguel de Bijagua, Upala, Costa Rica, donde se pretende cultivar de forma orgánica al menos 30 ha de cacao injertado, con una meta de producción fijada en más de 1500 kg ha<sup>-1</sup> de cacao seco.

### La injertación

El injerto se compone de dos partes, independientes y de composición genética diferente entre sí, las cuales llegan a formar una sola planta, un solo individuo. La *yema* (injerto) es tomada de una planta seleccionada por su producción (clon), la cual se va transformar en la copa del nuevo árbol, por lo que será la encargada de formar las ramas, las hojas, las flores y los frutos. La otra, el *patrón* (portainjerto), constituye la base o el soporte de la planta, por lo que conforma el sistema radicular, indispensable para el estado nutricional de la planta.

### Condiciones que debe reunir el patrón en el injerto

El patrón debe ser seleccionado por su adaptabilidad a diferentes condiciones de suelo y clima, tolerancia a diferentes plagas y enfermedades radicales (*Ceratocystis* y *Phytophthora*), y por su buen vigor vegetativo. Palencia y Mejía (2000) recomiendan que las semillas provengan de los clones IMC-67, PA-121, PA-46, PA-150, Pound 7, Pound 12, EET 399, EET-400 y SPA-9, por su tolerancia a los hongos de la raíz. La semilla del patrón se debe obtener de una plantación sembrada para este fin.

### Las yemas

#### Selección de los clones

Las yemas deben provenir de una planta seleccionada teniendo en cuenta su buena adaptación al medio donde se va sembrar, la producción del árbol, el tamaño y calidad

de los granos, su forma de reproducción y, en especial, su tolerancia a las enfermedades.

En el CATIE se han estudiado y seleccionado una serie de plantas (*clones*, plantas madres de donde se van a obtener yemas) que están siendo utilizadas con éxito en varios países, como Colombia, Ecuador, Bolivia y Perú. Así, por ejemplo, en Colombia se recomienda a los agricultores sembrar combinaciones de los clones ICS-1 (Imperial College Selection), ICS-39, ICS-40, ICS-60, ICS-95, TSH-565 (Trinidad Selection Hybrid), TSH-792, RSH-812, CAP-34 (Centro Agrícola de Pichilingue Ecuador), IMC-67 (Iquitos Maraño Collection), CCN-51, UF-613 (United Fruit), EET-8, EET-62, F-302, F-303, SCC-59 y SCC-61 (Cuadro 1). La mayoría de estos clones se encuentran sembrados en el Banco de Germoplasma de Cacao del CATIE, y pueden ser usados por los agricultores de Costa Rica. Es muy importante tener en cuenta que no se debe traer a Costa Rica materiales de los países de Sudamérica, porque en estos lugares existe la enfermedad de la escoba de bruja, que en nuestro medio aún no existe.

Otra forma de obtener yemas de árboles sobresalientes es haciendo el trabajo necesario para llegar a identificar árboles de características deseables, partiendo de las plantaciones híbridas que se tienen sembradas en un país dado, o de cacaos criollos o cacaos regionales identificados por su buena calidad. La selección de estos árboles debería ser conducida cuidadosamente para asegurar que se van a multiplicar plantas de cacao de buena producción, compatibilidad genética adecuada, alta calidad y tolerancia a las enfermedades locales. En la Finca FINMAC, situada en Limón, Costa Rica, partieron de una población seleccionada por ellos, de más de 40 árboles, hasta llegar a solo 4 o 5, que son los que siembran hoy con excelente resultado.



Figura 2. Clones de producción. El clon IMC-67 es el patrón más importante en la injertación.

**Cuadro 1.** Características de algunos clones de cacao

Característica	Clones								
	ICS1	ICS39	ICS40	ICS60	ICS95	UF613	IMC67	TSH565	CCN51
Origen	Trinidad	Nicaragua	Nicaragua	Nicaragua	Trinidad	Trinidad	Perú	Trinidad	Ecuador
Compatibilidad	AC	AI	AI	AI	AC	AI	AI	AI	AC
Color mazorca	Rojo	Verde	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Verde	Rojo	Rojo
Color semilla	Púrpura	Púrpura	Crema	Púrpura	Violeta	Púrpura	Púrpura	Púrpura	Púrpura
Almendras mazorca <sup>-1</sup>	40	39	38	37	41	40	42	39	48
Mazorcas kg <sup>-1</sup> cacao seco	19	17	19	20	18	18	21	24	—
Peso de una almendra (g)	1,3	1,5	1,4	1,3	1,4	1,5	1,2	1,1	1,4
Mazorca árbol <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	46	50	48	52	60	40	57	55	—
Kg árbol <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	2,5	3,0	2,8	2,6	3,2	2,3	2,6	2,5	—
Altitud recomendada (msnm)	>800	>450	>400	>400	100-1200	>800	100-1200	>800	—
<i>Monilia</i>	MS	T	T	T	T	T	T	S	T
<i>Phytophthora</i>	S	S	S	S	S	R	T	S	S
Escoba de bruja	MS	S	S	S	T	T	S	T	T
<i>Ceratostyis</i>	Tolerante	T	S	S	S	T	T	T	T

Fuente: Argüello (2000).

Notas: AC = autocompatible; AI = autoincompatible; R = resistente; T = tolerante; MS = moderadamente susceptible; S = susceptible.

Un agricultor puede comenzar por marcar todas las plantas que producen más de 40-50 mazorcas (1,5 kg de cacao seco, aproximadamente), presentan más tolerancia a las enfermedades (*Monilia* y *Phytophthora*) y una buena arquitectura. A la cosecha siguiente, las vuelve a revisar y si continúan presentando estas características, estudia la polinización de sus flores, esto es, si se pueden fertilizar a sí mismas o necesitan polen de otras plantas. Esto se hace polinizando con polen de la misma planta las flores del árbol, lo cual se hace a primera hora: apenas abren las flores se toma una flor ya abierta y se tuercen hacia atrás los pétalos; luego, se procede a tocar los granos de polen de las flores recién abiertas. El resultado se ve rápidamente porque las flores que no son polinizadas caen rápidamente, mientras las polinizadas se mantienen y comienza la formación de los frutos.

El paso siguiente consiste en estudiar los frutos: el tamaño de las semillas, el número de semillas por fruto y por kilogramo de cacao seco, el color de la semilla y su calidad. Esta selección se puede hacer entre varios productores, aportando sus mejores árboles.

#### **Obtención de las yemas**

Las yemas se encuentran creciendo en secciones de ramas terminales a las que se les da el nombre de *varetas*. La vareta

ideal es la que se toma de una sección del penúltimo tramo de crecimiento de una rama, la cual por lo general posee yemas en estado latente, es decir, sin desarrollarse (Figura 3). Es en estas yemas donde hay una mayor cantidad de hormonas y estímulos favorables al desarrollo; una vareta se compone de 5 o 6 yemas.

Cortadas las varetas, se debe tener el cuidado de mantenerlas hidratadas, dentro de papel periódico humedecido, hasta la culminación de la injertación.

#### **Metodología de la injertación en parche**

Es la más común, segura y económica. Se coloca la yema sobre el patrón en un corte en forma de U invertida, con la lengüeta hacia abajo (Figura 1).

A una altura de 10 a 15 centímetros de la base de la planta se hacen en el patrón dos cortes verticales y uno horizontal, formando una U invertida con los tres cortes. Con la punta de la navaja se levanta cuidadosamente el pedazo de corteza que forma una especie de lengüeta.

De una vareta se toma la yema, la cual se extrae mediante dos cortes verticales y dos transversales a su alrededor, teniendo cuidado de hacerlos de las mismas dimensiones a las realizadas en el patrón para que coincidan los bordes cuando se coloque en el patrón. Al colocar la yema, se aprecia que la unión se da formando



**Figura 3.** Vareta ideal y varetas con yemas.

un parche, lo que le da su nombre. Es importante que los cortes sean limpios, para lo cual la cuchilla debe estar bien afilada y los cortes se deben realizar con la mayor rapidez posible para evitar que el material se oxide y se dañe. La yema se debe sacar de la vareta con parte del pedúnculo de la hoja, para que facilite su manipulación y la proteja a la hora de hacer el amarre.

Colocada la yema en el patrón, se procede a hacer el amarre con una cinta plástica, la cual debe tener unos 30 cm de largo por 1 o 2 cm de ancho, comenzando de la parte baja hacia la de arriba, dando 2 o 3 vueltas al tallo hasta cubrir completamente la yema.

Hasta donde sea posible, la planta debería colocarse, una vez injertada, en un abrigo bajo techo por unos 15 a 20 días para protegerla de las lluvias antes de pasarla al vivero, bajo sombra regulada, donde la planta termina de formar y endurecer las hojas.

Cuando hay necesidad de regar la planta injertada, se debe tener cuidado de no mojar la parte donde se hizo el injerto para evitar la posibilidad de que se presenten pudriciones en los tejidos.

La planta injertada se revisa a los 15 días, para retirarle el plástico. La yema permanece verde y turgente si el injerto tuvo éxito. A los 21 días se efectúa la eliminación del extremo apical del patrón, con el fin de estimular el crecimiento de la yema injertada. El corte se debe hacer a unos 15 o 20 cm por encima del injerto, conservando todas las ramas y hojas en desarrollo en este sector.

Algunos detalles especiales para tener en cuenta en la injertación son:

- Limpiar todos los tallos de los patrones antes de injertar, quitarles la tierra y las hojas del tallo en el área donde se pondrá la yema. La circulación del aire

evita la acumulación de humedad excesiva, la cual puede perjudicar el resultado.

- El injerto en el patrón se debe colocar por debajo de la marca de los cotiledones, para evitar los brotes del patrón. Sin embargo, en muchos lugares se coloca por encima, por si fracasa el intento tener la oportunidad de hacerlo de nuevo, más abajo.
- Al momento de colocar la yema en el patrón se debe cortar a la mitad la lengüeta, para favorecer la salida de humedad.
- Al extraer la yema se debe tener el cuidado de dejar una parte del pecíolo de la hoja para facilitar su manipulación y proteger de la presión del amarre sobre el tallo.
- El amarre se debe hacer con cinta plástica transparente, de unos 0,5 micrones de grosor y 25 cm de largo por 2 cm de ancho. El amarre se debe hacer siempre desde abajo hacia arriba, culminando con un nudo en la parte alta para evitar que se suelte y se desprenda la yema del tallo.
- Al ajustar la cinta se debe hacer presión en los extremos del parche con el fin de asegurar un contacto íntimo de la yema con el patrón y así protegerlo del exceso de humedad.
- La cinta plástica se debe retirar transcurridos 15 días, no antes.
- Un día antes de realizar el injerto se debe regar a fondo la planta del patrón. Durante el período de amarre (15 días) se debe regar las macetas al menos cada 7 días, con un riego dirigido a las macetas, teniendo cuidado de no humedecer el amarre de la yema, para evitar problemas con el pegue.
- Después de verificado el prendimiento de la yema, se procede a realizar el despunte del patrón, conservando

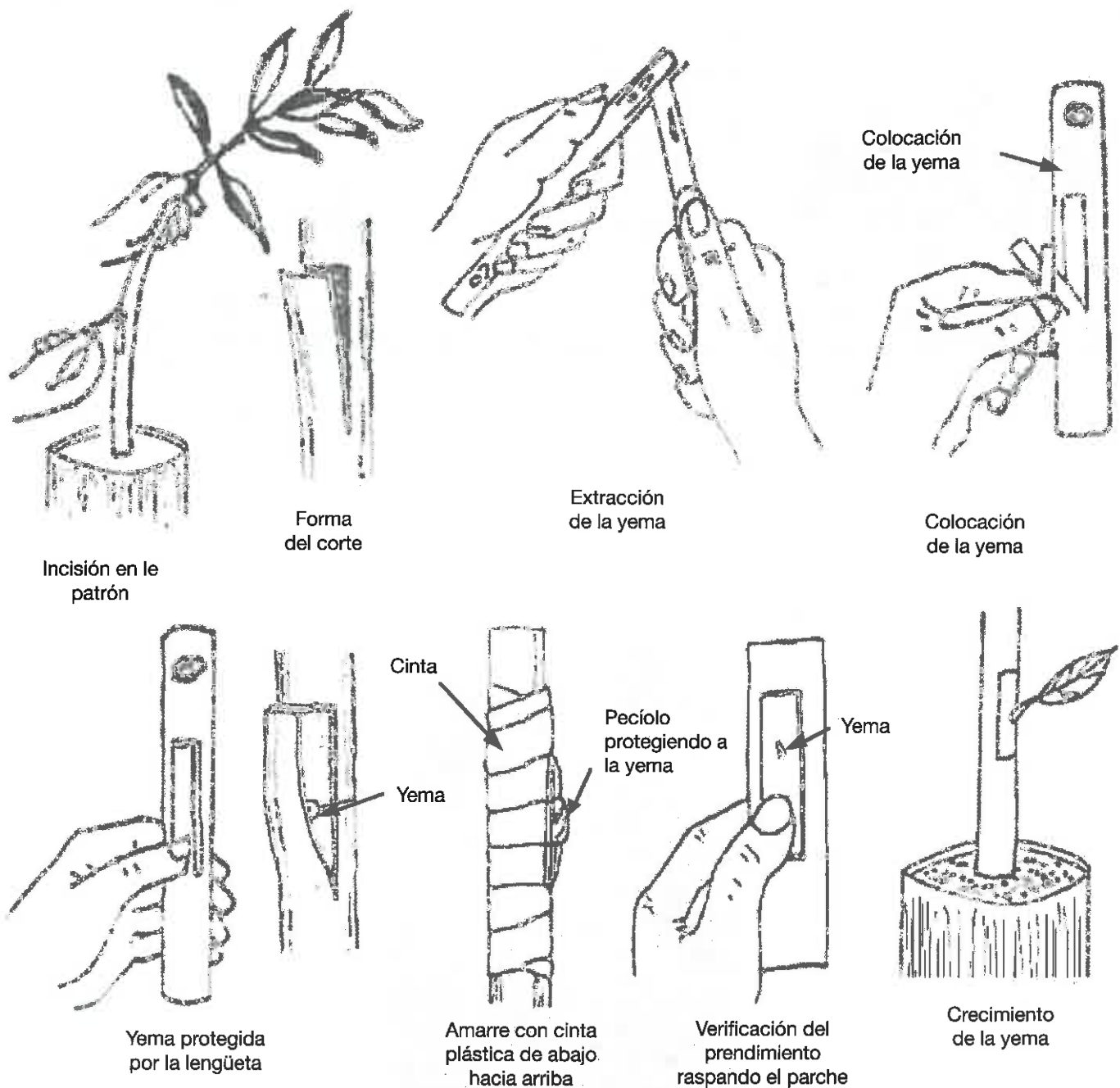


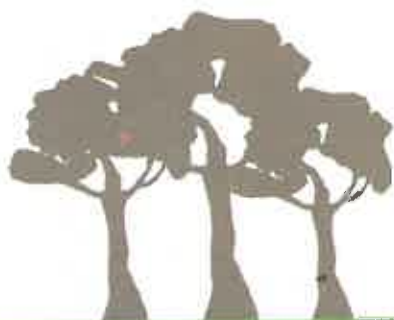
Figura 4. Procedimiento del injerto de parche en "U" invertida (tomado de Aliaga Chipana 2004).

las hojas por debajo del corte. Esta práctica se debe revisar periódicamente, eliminando todos los brotes que salgan del patrón y conservando los del injerto. Esta labor tiene el propósito de inducir mayor vigor en la yema injertada.

- Cuando la planta tenga una altura cercana a los 20 cm de longitud y 6 pares de hojas coriáceas, se lleva al campo.

#### Literatura citada

- Aliaga Chipana, WR. 2004. (Tesis en preparación para optar por el grado de Ing. Agrónomo). Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés-CATIE. *En preparación.*
- Arguello, O. 2000. Características morfoagronómicas de clones de cacao. *In Tecnología para el Mejoramiento del Sistema de Producción del Cacao.* Colombia, Corpoica. p. 55-64.



## Plagas Forestales Neotropicales

Jorge Macías (jmacias@tap-ecosur.edu.mx)  
 Marcela Arguedas (marguedas@itcr.ac.cr)  
 Luko Hilje (lhilje@catie.ac.cr)  
 José Cola Zanuncio (zanuncio@mail.ufv.br)

EDITORES

No. 20

Agosto, 2006

### NOTA EDITORIAL

Sin lugar a duda se ha escrito mucho sobre el barrenador del brote del cedro y la caoba; sin embargo, sigue siendo un problema y las investigaciones recientes sobre el mismo son cada vez menos. Las formas de control químico, aunque efectivas, son costosas y contaminan. Los aspectos de control biológico no son prácticos y no existen evaluaciones formales de la efectividad en el uso de bioinsecticidas a base de *Bt* o de hongos como *Bauveria*. El estudio de las feromonas ha resultado ser complicado, sobre todo porque dichos compuestos son evaluados en el campo y, si bien las poblaciones del insecto causan fuertes daños, los individuos en vuelo en un momento dado son tan escasos que es muy difícil que los tratamientos que parten de trampas de vuelo obtengan las capturas suficientes para realizar pruebas estadísticas. Aunado a lo anterior, al menos en el sureste de México, las lluvias se han distribuido tanto en el año que los dos periodos principales de vuelo del insecto, marcados por los dos periodos tradicionales de lluvia (que disparaban el crecimiento de los brotes de los cedros y caobas), han desaparecido y los insectos vuelan en números muy variables a todo lo largo del año. Una herramienta confiable y de fácil acceso para los manejadores

de plantaciones en general, y del control del barrenador en especial, son las podas, y parte de esta sección del Boletín toca este tema. Jorge Macías, ECOSUR (jmacias@tap-ecosur.edu.mx).

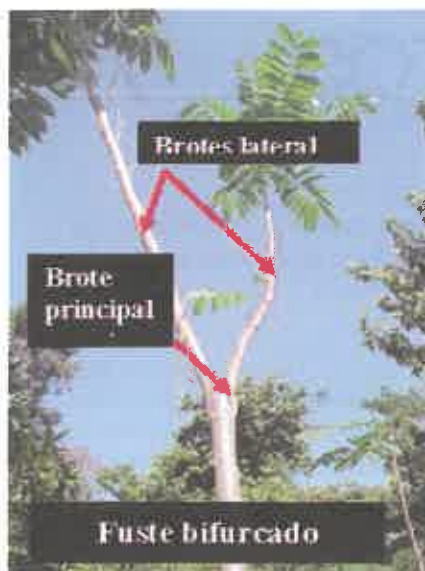


### Manual de podas de árboles con énfasis en el manejo de *Hypsipyla grandella* y sus daños

La estrategia más económica y al alcance de todos los productores para el control del barrenador *H. grandella* son las podas. En el caso especial de este insecto, es necesario no solo quitar el tejido muerto o que contenga

el insecto, sino también conformar el crecimiento del individuo afectado, de tal manera que recupere un solo líder terminal y desarrolle un fuste lo más recto posible. Es decir, las podas son para remover el tejido muerto que puede contener el insecto o no y la de algunos de los rebrotes que se formarán, al faltar el brote líder, dejando un único rebrote que hará crecer al árbol en altura. Al mismo tiempo, una poda bien realizada permitirá al árbol retomar más rápido y de manera sana su crecimiento vertical y el desarrollo de un fuste con el menor defecto posible en la madera que se obtendrá.

El barrenador es un agente que, sin llegar a matar el árbol, limita de manera muy puntual y especializada el crecimiento de un fuste recto. Esto es debido a que barrena y mata todos aquellos brotes del follaje que tienen un crecimiento líder, es decir, aquellos brotes que le dan al árbol un crecimiento en longitud y altura, en especial aquel brote que liderará el crecimiento del árbol en altura, el brote principal. Cuando el brote líder es muerto o removido por alguna causa, la yema axilar en la hoja toma su lugar. Sin embargo, en árboles libres de competencia (como en las plantaciones) las yemas axilares de varias hojas consecutivas pueden reaccionar y formar nuevos líderes,



todos compitiendo y formándose como troncos independientes.

Además de los efectos en el crecimiento y el defecto de la madera producida, la formación de bifurcaciones o de líderes múltiples provee nuevos brotes que, dada su vigorosidad, son centros de atracción para nuevos ataques por parte del barrenador. Ello aumenta el daño, pero también aumenta el número de insectos en el área y por ende las posibilidades de infestaciones en la plantación.

El "Manual de poda de árboles con énfasis en uso de podas para el control de *Hypsipyla grandella*" es un documento sencillo pero detallado para apoyar a los productores de cedro y caoba. El documento pone a la disposición del usuario, información básica de cómo funciona y está estructurado anatómicamente un árbol. Partiendo de esta información, el lector dispone de elementos para entender qué hacen las podas y la importancia de realizarlas. Se

describen los distintos tipos de poda y la forma en que se efectúan. Con ejemplos específicos, se comentan algunas situaciones comunes que encuentran en su trabajo diario los encargados de manejar árboles en áreas urbanas y en plantaciones. En la última sección del Manual, se trata con gran amplitud el cómo y de qué forma se utilizan las podas para disminuir las poblaciones del barrenador *H. grandella*, del cedro y las caobas, y de cómo las podas disminuyen los efectos del insecto sobre el crecimiento del árbol y decrecen los defectos en los productos maderables. Además, ejemplifica y discute situaciones comunes encontradas en las plantaciones y cómo proceder a realizar las podas con la doble finalidad de controlar el insecto y disminuir su efecto en el crecimiento del árbol atacado. Para más información acerca de cómo obtener este Manual, contactar a Jorge Macías; ECOSUR (jmacias@tap-ecosur.edu.mx).

### Libro *Enfermedades Forestales en México*

En el marco del XIV Simposio Nacional de Parasitología Forestal, realizado del 7 al 9 de Noviembre pasado, se presentó el libro *Enfermedades Forestales en México*, editado por D. Cibrián, D. Alvarado y S. García, publicado por la Universidad Autónoma de Chapingo y patrocinado por la misma Universidad, el Servicio Forestal de Estados Unidos, Recursos Naturales de Canadá y la Comisión Nacional Forestal de México. El



libro es una obra escrita en español e inglés, detallada y profusamente ilustrada con fotografías a color y con diagramas y esquemas también a color. En su elaboración participaron 31 autores de varias nacionalidades y cubre, en 587 páginas, información de 22 agentes abióticos y 158 enfermedades que afectan tanto coníferas como latifoliadas templadas y tropicales. Consta de 17 capítulos, 13 de ellos definidos por tipos de enfermedades y plantas parásitas. Este libro complementa de una manera extraordinaria el libro *Insectos Forestales de México*, publicado de manera similar en 1994. Definitivamente es una obra de consulta obligada para los interesados en la salud y manejo de árboles en América. Jorge Macías; ECOSUR (jmacias@tap-ecosur.edu.mx).

**POR FAVOR, DISTRIBUYA ESTE BOLETÍN A TODOS LOS INTERESADOS QUE CONOZCA**

Este Boletín está disponible por correo electrónico, o dentro de la revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología, a la cual puede ingresar a través de [www.catie.ac.cr](http://www.catie.ac.cr)

**CATIE** Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

# Futuros Eventos

04-08 mayo 2008

26 Congresso Brasileiro da Ciencia das Plantas Danhinas  
18 Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas

**Sede:** Belo Horizonte, Brasil

**Información:** Secretaria Ejecutiva  
Central de Eventos e Promoções  
Av. dos Andradas 2787, Bairro Floresta  
30120-010 Belo Horizonte, MG, Brasil  
Correo electrónico: contacto@fariasvasconcelos.co.br

**O bien:**

Dr. Bielinski M. Santos  
Asst. Professor of Horticulture  
Gulf Coast Research and Education Center  
IFAS, University of Florida  
14625 CR 672  
Wimauma, FL, USA 33598  
Tel.: 813-633-4128  
Voice: 813-634-0000 ext. 3133  
Fax: 813-634-0001  
<http://gcrec.ifas.ufl.edu/Santoscv.htm>

23-26 junio 2008

5th International Weed Science Congress

**Sede:** Vancouver, BC, Canada

**Información:** AJ Fischer, IWSS, Weed Sci.  
Plant Science Dept., University of California  
Davis, CA 95616, USA  
Correo electrónico: AJFischer@ucdavis.edu  
Tel.: 1-530-752-7386  
Fax: 1-530-752-4604  
<http://tinyurl.com/y306p5>

24-29 agosto 2008

9th International Congress of Plant Pathology  
*Healthy and Safe Food for Everybody*

**Sede:** Torino, Italia

**Información:** Congress Secretariat  
Valentina communication  
Via Cibrario 27, 10143 Torino, Italia  
Tel.: +39 0114374250  
Fax: +39 0114374318  
Correo electrónico: info@icpp2008.org  
<http://www.icpp2008.org>

22-26 setiembre 2008

VI International Scientific Seminar of Plant Health  
*Plant Health for Environmental Sustainability*

**Sede:** La Habana, Cuba

**Información:** Dr. Rodolfo Arencibia Figueroa  
Tel.: +537 208 7541/ 202 6011-19 ext. 1507  
Fax: +537 202 8382  
Correo electrónico: arencibia@palco.cu

Nuestra página de Futuros Eventos se encuentra siempre al día. Visítenos en [http://www.catie.ac.cr/revista\\_mip\\_eventos](http://www.catie.ac.cr/revista_mip_eventos)  
Si desea publicar su evento en futuras ediciones de la revista y en nuestra página Web, escribanos a [cicmip@catie.ac.cr](mailto:cicmip@catie.ac.cr)

# INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

## NATURALEZA

*Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* es una revista que reúne y difunde aportes científicos y técnicos originales (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.

## ARBITRAJE

Cada artículo será revisado en su formato y presentación por la Editora, inicialmente, y luego remitido al menos a tres 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.

## Instrucciones generales para la presentación de los escritos.

- Los artículos se publicarán en forma gratuita.
- Se aceptarán artículos escritos en español o portugués, solamente.
- El límite máximo de extensión es de 25 páginas impresas, a doble espacio, en letra tamaño 12, tipo Times New Roman, incluyendo las ilustraciones. Las páginas deben estar numeradas. 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, 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, acompañado de la versión impresa, en dos copias. Deben incluirse también los archivos de las figuras. Si hay fotos o dibujos pueden enviarse en papel o en diapositiva, o bien como archivos de imagen, escaneadas a 225 dpi y 12 cm de base como mínimo.
- Las abreviaturas se explican la primera vez que son utilizadas (por ejemplo: *Estados Unidos de América, EUA*), y a partir de allí se utiliza solamente la abreviatura. Los géne-

ros de los binomios se escriben completos solo la primera vez que se mencionan; después, se anotarán de la siguiente manera: *B. tabaci*, *P. solanacearum*, etc.

- Se recomienda a los autores revisar la ortografía del manuscrito antes de enviarlo a revisión. Los autores de lengua portuguesa deben garantizar que su artículo está bien redactado desde el punto de vista lingüístico.

## 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.

## TÍTULO

- Debe ser claro y conciso, reflejando en un máximo de 15 palabras, el contenido del artículo.
- Utilizar los nombres científicos. No es necesario incluir en el título la autoridad taxonómica, pero si en el cuerpo del artículo la primera vez que se menciona el nombre completo de la especie.

## 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.
- En una nota al pie se describen la filiación institucional y la dirección completa, incluyendo el código de correo electrónico de cada uno de los autores. Este es un requisito indispensable para la publicación.

## RESUMEN

- 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. Estas palabras no deben repetir la del título. Ambos requisitos facilitan la difusión del artículo en los servicios bibliográficos internacionales. El resumen debe ser una versión sintética de los aspectos más relevantes de las secciones de Materiales y métodos y Resultados.



## EL CUERPO DEL ARTÍCULO

- Se subdivide en las siguientes secciones: *Introducción*, *Materiales y métodos*, *Resultados* y *discusión*, *Agradecimientos* y *Literatura citada*. No debe haber una sección de *Conclusiones*, pues éstas deben incorporarse en la *Discusión*.
- La *Introducción* presenta, en forma breve, los antecedentes e importancia del tema estudiado, e indica el objetivo de la investigación.
- **Materiales y métodos** 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.
- **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.
- **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.
- Los **Agradecimientos** recogen los nombres, sin títulos académicos, de las personas o instituciones que contribuyeron en aspectos claves de la investigación.
- **Literatura citada** enumera únicamente las fuentes bibliográficas consultadas mencionadas en el texto. La revista sigue las normas bibliográficas IICA-CATIE, que pueden ser consultadas en [http://orton.catie.ac.cr/bco/normas\\_de\\_redaccion.html](http://orton.catie.ac.cr/bco/normas_de_redaccion.html)
- 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 ál. 1999, Salazar y Ruiz 1999, Cárdenas 2002).
- Cuando haya más de dos autores, se citarán completos en **Literatura citada**, pero se utilizará solo el nombre del primero en el texto, seguido de et ál.
- Los trabajos que aún no han sido aceptados para publicación aparecen en el texto, pero no en la sección de **Literatura citada**.

## ILUSTRACIONES, GRÁFICOS, CUADROS Y FOTOS

- 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*.
- Tanto las figuras como los cuadros deben aparecer lo más cerca posible de su mención en el texto; es decir, no deben aparecer figuras ni cuadros aislados.
- Recomendamos evitar los gráficos de tres dimensiones cuando la tercera dimensión cumpla un papel meramente estético y no informativo.
- La leyenda debe estar al pie de cada figura y estar redactada de manera tal 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.
- Los cuadros no deben repetir el contenido de los gráficos. Se debe evitar que sean recargados. No es necesario tabular condiciones experimentales uniformes. Deben evitarse las líneas verticales y horizontales en el cuerpo del cuadro.
- Las fórmulas que aparecen separadas del texto deberán citarse con números o letras entre paréntesis, de manera que no queden aisladas.
- Para lograr una buena calidad de impresión, requerimos las fotos y dibujos como archivos de imagen (jpeg, tif, etc.), del mayor tamaño posible (250 dpi y 12 cm de base como mínimo). Si el artículo incluye una figura compuesta por fotos, puede enviarla inserta en el artículo, pero adjunte también los archivos de imagen de las fotos que la componen.

El cumplimiento de todas las indicaciones anteriores facilitará la revisión y la edición de los artículos, lo cual evitará atrasos y agilizará el proceso de selección y publicación.

**Dirección**

Gabriela Gitli  
 Editora  
 Revista *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*  
 CATIE, 7170 Turrialba, Costa Rica  
 Tel.: (506) 558 2408 ó 558 2633  
 Fax. (506) 558 2045 ó 558 2060  
 ccmip@catie.ac.cr  
 ggitli@catie.ac.cr

# Manejo Integrado de Plagas y Agroecología



## ¿Desea ser patrocinador de la Revista MIPA?

Cada vez hay más empresas involucradas en la generación y comercialización de tecnologías de manejo integrado de plagas (MIP) y agroecología. Asimismo, hay una amplia y creciente demanda de dichas tecnologías, pero muchas veces los usuarios desconocen cómo adquirirlas.

En su nueva etapa, tras 20 años de publicación ininterrumpida, la revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología desea constituirse en una herramienta para que dichos usuarios cuenten con un directorio de aquellas empresas interesadas en el desarrollo de sistemas productivos sostenibles, la conservación de los recursos naturales, y la protección de la salud de los agricultores y los consumidores.

Nuestra revista es el único foro en español específicamente dedicado al manejo integrado de plagas y la agroecología. Llega a 27 países del mundo. Además, está disponible en línea.

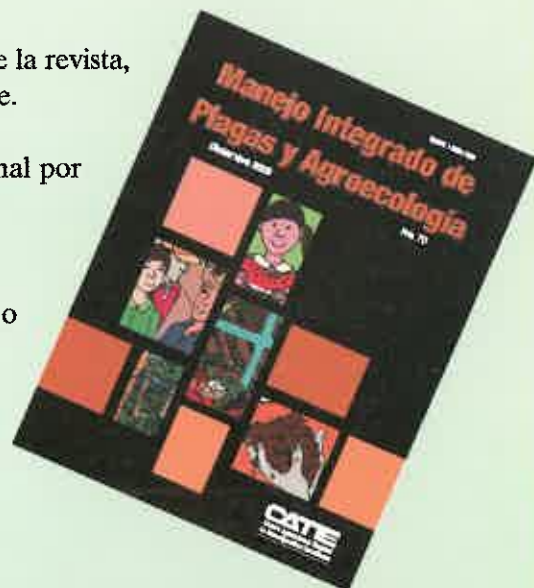
La imagen de su empresa estará vinculada a una publicación amparada por una de las instituciones agrícolas más prestigiosas de América Latina —el CATIE—, y a una revista indexada en las principales bases de datos internacionales en agricultura y premiada por el CONICIT de Costa Rica con el Premio a la Editorial Científica y Tecnológica.

### Espacio publicitario (US \$ 600 por año)

- Diseño y diagramación del anuncio de su empresa, a todo color.
- Publicación impresa de su anuncio a todo color en cada número de la revista.
- Enlaces electrónicos al portal (sitio web) de su empresa.
- Dos ejemplares gratuitos de cada número de la revista durante el año de publicidad.

### Patrocinio (US \$ 1500 por año)

- Publicación del logo de su empresa en la contratapa de cada número de la revista, resaltando así el compromiso de su empresa con la agricultura sostenible.
- Diseño y diagramación del anuncio de su empresa, a todo color.
- Entrega del original electrónico diseñado para su distribución adicional por medio impreso o electrónico.
- Publicación impresa de su anuncio en cada número de la revista.
- Enlaces electrónicos al portal (sitio web) de su empresa.
- Seis ejemplares gratuitos de cada número de la revista durante el año del patrocinio.
- El patrocinio es deducible del impuesto sobre la renta en Costa Rica (sede del CATIE).



# *Patrocinadores*

La Revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología se complace en anunciar que, como parte de las actividades para generar ingresos que aseguren su sostenibilidad, cuenta con patrocinadores, los cuales aparecen 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)