

ISSN 1016-0469

Manejo Integrado de Plagas y Agroecología

Setiembre 2002

No. 65



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 en 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, AGRIS y AGROAMBIENTE (CAB/NAL), 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 primeras 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\$ 20 (América Central), \$ 25 (resto de América Latina, el Caribe, Asia y África), \$ 35 (otros países) y \$ 12 (estudiantes), e incluye el costo del correo aéreo. La versión electrónica (internet) cuesta \$ 10.

Comité Editorial

Dr. Luko Hilje, *Director*
Dr. Reinhold Muschler
Dra. Vera Sánchez
M.Sc. Nelly Vásquez
Dr. Joseph Saunders, *Miembro honorario*
M.Sc. Laura Rodríguez, *Editora*

Comité Internacional

Dr. Terence Albrecht
(USDA/FAS, Washington)
Dr. Miguel Altieri
(Universidad de California, Berkeley)
Dra. Ann Braun
(PAIDEA Resources, Nueva Zelandia)
Dr. Steve R. Gliessman
(Universidad de California, Santa Cruz)
Dr. Michael E. Irwin
(Universidad de Illinois, Champaign)
Dr. Kevin Walker
(IICA, Costa Rica)

Dirección: Luko Hilje

Editora: Laura Rodríguez

Diseño y diagramación: Silvia Francis Salazar

Secretaria: Yorlene Pérez

Versión electrónica: Guisselle Brenes

La producción y administración de esta revista depende del Área de Comunicación, en la Unidad Técnica de Apoyo.

Tiraje y Distribución:

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

Correspondencia

Revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología
CATIE

7170 Turrialba, Costa Rica

Tel. (506) 558 2633/556 1632

Fax: (506) 556 6282/556 1533

Correo electrónico: lrodrigu@catie.ac.cr o cimip@catie.ac.cr

Fecha de inicio y periodicidad:

No.1, setiembre, 1986.

Trimestral (marzo, junio, setiembre, diciembre).



Portada: Al inicio del siglo XXI, cuando debido al fenómeno económico de la globalización las fronteras nacionales se abren al comercio casi ilimitado, la humanidad enfrenta grandes desafíos, también de carácter planetario, para su supervivencia. Estos incluyen el desarrollo de métodos para un uso más racional de la base de recursos naturales, representados por el agua, los recursos fitogenéticos y los suelos agrícolas. En este número, aparecen cuatro amplios artículos alusivos a estos aspectos, discutidos bajo el tema de *Globalización de la investigación agrícola* en la primera edición de la *Serie Interamericana de Conferencias Científicas Henry A. Wallace*, efectuada en febrero del 2002, en el CATIE, en Turrialba, Costa Rica.

Fotos: Catarata (Rocío Jiménez, CATIE), Laboratorio de Biotecnología (Guillermo Hidalgo, CATIE) y campo agrícola (Luko Hilje, CATIE).

Manejo Integrado de Plagas y Agroecología

No. 65

Setiembre 2002

CONTENIDO

BIOGRAFIA

- Patricio Cardin Peñarredonda: precursor del manejo de plagas en Cuba**1-3
Luis L. Vázquez Moreno, Nery Hernández Pérez

FORO

- Perspectivas de la agricultura mundial para el siglo XXI**.....4-20

Norman E. Borlaug, Christopher R. Dowsell

- Aprendizaje de los agricultores vinculado con procesos ecológicos para un mejor manejo de plagas: retos para el CATIE y sus socios**21-33

Charles Staver

- Conceptualización del manejo integrado de plagas en escalas espaciales y niveles de integración más amplios**.....34-42

Marcos Kogan, Myron Shenk

- Desarrollo de estrategias de manejo integrado de plagas para eliminar las barreras sanitarias que restringen la exportación de productos agrícolas**43-49

Peter A. Follett, Ken W. Vick

ARTICULOS CIENTIFICOS

- Biodiversidad y diseño agroecológico: un estudio de caso de manejo de plagas en viñedos**50-64

Clara Nicholls, Miguel Altieri

- Un sistema de mini beneficiado húmedo para pequeños productores de café, en Perú**65-74

Ulrike Krauss, André George

- Influencia de arvenses sobre el complejo mosca blanca-virosis-parasitoides en Veracruz, México**75-81

Salomón Medina Balderas, Laura Delia Ortega Arenas, Héctor González Hernández, Juan Antonio Villanueva Jiménez

- Efecto de enmiendas orgánicas y de un hongo micorrízico sobre *Radopholus similis* en banano *Musa* (AAA cv Valery)**82-91

Federico Ayuso

- Efecto de dos extractos botánicos y un insecticida convencional sobre el depredador *Chrysoperla externa***92-101

José Iannacone, Gerardo Lamas

EXPERIENCIAS DE MANEJO DE PLAGAS

- Manejo de *Bemisia tabaci* en América Central y el Caribe: la experiencia de un decenio**102-108

Luko Hilje

NOTA TECNICA

- Integración de métodos culturales, biológicos y químicos para el combate de *Amerrihinus ynca* en plantaciones de coco**109-112

José Inácio Lacerda Moura, Cesar José Fanton, Carlos Alberto Bernardo Mesquita

HOJA TECNICA

- Elementos para el manejo integrado de los picudos (Curculionidae) del palmito**.....i-vi

Dennis Alpízar M.

BOLETINES

- Mosca Blanca al Día**114-115

- Plagas Forestales Neotropicales**116-117

- Control Biológico de Malezas**118-119

SECCIONES ESPECIALES

Avances en el Fomento de Productos Fitosanitarios No-Sintéticos

- Tecnologías de producción de *Bacillus thuringiensis***120-122

Orietta Fernández -Larrea Vega

Agricultura Orgánica

- Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost, y su empleo en la agricultura orgánica**123-129

Gabriela Soto, Claudia Muñoz

SECCION INFORMATIVA

- Reseña de Publicaciones**.....130-131

- Futuros eventos**132

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.

Director General

Pedro Ferreira Rossi

Subdirector General

Markku Kanninen

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

Servicios Técnicos Regionales
Alan González

**Programa Proyección Regional
y Planificación**

Tannia Ammour

Administración y Finanzas
Viviana Sánchez

Representaciones Nacionales del CATIE

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

COLOMBIA

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

COSTA RICA

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

EL SALVADOR

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

GUATEMALA

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

HONDURAS

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

MEXICO

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

NICARAGUA

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

PANAMA

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

VENEZUELA

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

Representaciones Nacionales del IICA

BELICE

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

REPUBLICA DOMINICANA

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

Un homenaje, muchos desafíos

Este número de la Revista encierra un valor especial, pues la sección de *Foro*, en la que normalmente aparece un solo artículo, se ha ampliado para recoger cuatro trabajos excelentes y estimulantes. Se trata de charlas presentadas en la primera conferencia de la *Serie Interamericana de Conferencias Científicas Henry A. Wallace*, efectuada del 25 al 27 de febrero de 2002, en el campus del CATIE, en Turrialba.

La Serie honra la memoria de un hombre visionario, quien sugirió la creación de un instituto interamericano de agricultura tropical, en 1940. Wallace, entonces Secretario de Agricultura de los EE.UU. durante el mandato de Franklin D. Roosevelt, se propuso concretar ese anhelo, que se materializó en 1943 con el establecimiento del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA) en Turrialba, precursor del CATIE.

Los países latinoamericanos somos deudores de este hombre emprendedor y acucioso. Creemos que una manera de perpetuar en el papel su huella indeleble es recoger en nuestra Revista los novedosos planteamientos de científicos destacados en el campo agrícola en torno al tema unificador de esta primera conferencia, la *Globalización de la investigación agrícola*.

Es por ello que incluimos aquí la charla magistral ofrecida por el Dr. Norman Borlaug, Premio Nobel de la Paz en 1970, así como las tres ponencias presentadas en la mesa redonda sobre *Manejo integrado de plagas (MIP)*, dentro del subtema *Una estrategia convergente en ciencia y tecnología para la agricultura tropical*, la cual también incluyó mesas sobre recursos ge-

néticos, agroforestería y cultivos alternativos. La mesa comprendió aspectos críticos que relacionan el MIP con el fenómeno de la globalización, tales como las barreras cuarentenarias para cultivos de exportación; los niveles de integración en los planos regional y mundial; y los procesos de investigación participativa, así como las alianzas internacionales.

Sin duda, su lectura nos alertará sobre los cambios que ya están ocurriendo y, a la vez, de la capacidad de respuesta necesaria y pertinente en los planos institucional, nacional e internacional en el campo de la protección vegetal. Es decir, los desafíos son muchos—la mayoría inéditos— y para acometerlos lo procedente es estar bien informados. Con este número, esperamos contribuir al debate y el conocimiento entre nuestros lectores.

Finalmente, deseamos expresar nuestro agradecimiento al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA), no solo por financiar la Serie, sino también por aportar los fondos para la traducción de los artículos aludidos.



Dr. Luko Hilje
Director

Revista *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*

INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dirección

MSc. Laura Rodríguez

Editora

Revista *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*

CATIE, 7170 Turrialba, Costa Rica

Tel.: (506) 558 2408 ó 556 1632

Fax. (506) 556 6282 ó 556 0606

Correo Electrónico: cicimp@catie.ac.cr



Patricio Cardin Peñarredonda: Precursor del manejo de plagas en Cuba

Luis L. Vázquez Moreno¹
Nery Hernández Pérez¹

En Cuba han trabajado ilustres entomólogos y especialistas en sanidad vegetal, tanto de origen cubano como de otros países, por lo que estas especialidades han sido tradicionales y se han enriquecido gracias a la colaboración e intercambio con muchos prestigiosos científicos.

Precisamente, la antigua Estación Experimental de Santiago de Las Vegas en La Habana, la cual fue fundada en el año 1904, fue la pionera en los estudios de entomología agrícola en este país, donde trabajaron diversos especialistas, principalmente de Cuba, Estados Unidos y Europa.

En este centro laboró Patricio Cardin Peñarredonda, considerado el primer entomólogo agrícola cubano. Cardin, a pesar de su corta vida, trabajó intensamente en plagas claves de los principales cultivos de Cuba. Por este motivo, la nueva generación de fitosanitarios cubanos ha adoptado el 17 de julio, fecha del natalicio de este ilustre científico, como el Día del Trabajador Fitosanitario.

Cardin nació el 17 de julio de 1884 en Artemisa, provincia de Pinar del Río (actualmente parte de la provincia de La Habana), en la zona occidental de Cuba. Sus padres fueron Gabriel Cardin y Matilde Peñarredonda.

Sus primeros estudios los realizó en el barrio del Vedado y se graduó de bachiller en el Instituto de Segunda Enseñanza, ambos en la ciudad de La Habana. Se graduó de ingeniero agrónomo en el año 1909, en el Colegio Agrícola de Massachusetts, Estados Unidos.

Posteriormente, laboró en la antigua Estación Experimental Agronómica de Santiago de Las Vegas, La Habana, desde 1909 hasta el 29 de septiembre de 1919, en que fallece, a la edad de solo 29 años. En la antigua Estación Experimental Agronómica, actualmente Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical, realizó sus primeros trabajos en entomología y patología vegetal, contribuyendo al reconocimiento internacional de ese centro.

Por sus resultados científicos, fue ascendido a Primer Ayudante del Departamento de Horticultura y posteriormente nombrado Jefe del Departamento de Entomología y Patología Vegetal. En 1916 fue seleccionado como miembro activo de la Comisión de Sanidad Vegetal de la entonces Secretaría de Agricultura, Comercio y Trabajo.

Cardin tenía gran prestigio como entomólogo y su labor fue tan amplia y reconocida que colaboraba con especialistas de otros países, principalmente del

¹ Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV). Ciudad de La Habana, Cuba.

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, llegando a ser nombrado Colaborador del Buró de Entomología de Washington.

Las investigaciones realizadas por este ilustre entomólogo se pueden dividir en dos grupos:

- Estudios biológicos, hábitos, aspectos ecológicos y métodos de control de plagas en cultivos de importancia económica.
- Recolección, desarrollo de colecciones, colaboración con taxónomos, identificación de plagas en cultivos, entre otros estudios sobre la fauna entomológica de zonas agrícolas,

Algunas de sus investigaciones más importantes, la mayoría de ellas publicadas, fueron:

- La mosca prieta (*Aleurocanthus woglumi*) y su control
- Estudios de la salivita (*Prosapia bicincta fraterna*) en la hierba Paraná (*Panicum purpurascens*)
- El thrips (*Gynaikothrips uzeli*) del laurel (*Ficus benjamina*)
- La mosca prieta de los cítricos (*Aleurocanthus woglumi*), una nueva plaga en Cuba
- Alimentación y fundación de las colonias de bibijaguas (*Atta insularis*)
- Insectos y enfermedades de la yuca (*Manihot esculenta*)
- Insectos y enfermedades de los aguacates (*Persea americana*)
- Relación de los insectos dañinos y enfermedades en los cultivos de Cuba
- Los insectos que atacan a la higuera (*Ricinus comunis*)
- Estudio del pasador (*Megapenthes* spp.) del cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum*)
- Estudio de daños del *Apate monachus* en cafeto (*Coffea arabica*)
- Plagas de los pastizales de Camagüey
- Estudio de la enfermedad de las colmenas en Vieja Bermeja, Matanzas.

Al analizar estos trabajos se aprecia la profundidad de las observaciones de campo y de los hábitos, tanto de la plaga y su relación con el cultivo, como de la actividad de los enemigos naturales.

Además propuso métodos de control que incluyen numerosas prácticas agronómicas, y no se limitó a estudiar el uso de sustancias existentes (minerales y sintéticas), sino que consideró muchos elementos que hoy son parte del manejo integrado de plagas.

La intensidad de su trabajo de campo y la diversidad de zonas donde trabajó, le permitió recolectar insectos para enriquecer las colecciones, labor a la que se dedicó también con gran esmero y cuidado, por lo que se considera el fundador de la colección entomológica de la Estación Experimental Agronómica, reconocida como la más importante de la primera mitad del siglo, no solo por la representatividad de las plagas de los principales cultivos, sino por su valor para los servicios de identificación de plagas ofrecidos por esa estación. Esta colección constituyó también una importante fuente de consulta de especialistas nacionales y extranjeros.

En esta labor recolectó 17 especies y un género nuevo, los que envió a especialistas en los diferentes grupos, que en reconocimiento a su gesto y labor entomológica le dedicaron diversas especies, como fueron:

- *Laetelia cardinii* Dyar, nueva especie de Lepidoptera
- *Aleurodicus cardini* Back, nueva especie de Aleyrodidae, actualmente *Metaleurodicus cardini*. Conocida en Cuba como la mosca blanca de Cardin.
- *Eucardinia caricae* Dyar, nuevo género y especie de Lepidoptera, actualmente *Davara caricae* Dyar
- *Drosophila cardini*, nueva especie de Diptera
- *Ephestia patreiciella* Dyar, nueva especie de Lepidoptera
- *Campylomma cardini* Barber y Bruner, nueva especie de Hemiptera
- *Cyclocephala cardini* Chapuin, nueva especie de Coleoptera. Conocida en Cuba como chicharrón de Cardin
- *Alaus patricius* Candeze, Nueva especie de depredador del orden Coleoptera

No se puede hablar de la vida de Cardin sin mencionar su amistad con Stephen Cole Bruner, norteamericano que en 1915 comenzó a trabajar en la estación como ayudante de patólogo. Bruner vivió en Cuba gran parte de su vida y contribuyó a elevar el prestigio de la estación por lo cual se considera el pionero de la fitopatología cubana, a lo cual contribuyó los estrechos vínculos entre ambos. Al morir Cardin, Bruner ocupó la jefatura del Departamento de Fitopatología y Entomología.

Por tanto, es reconocido que la labor inicial de Cardin contribuyó también con el famoso catálogo de insectos

tos de Cuba, realizado por Bruner y otros entomólogos ilustres en 1945, obra de gran repercusión nacional e internacional, que ha trascendido hasta la actualidad.

En la introducción de la primera edición de dicho catálogo, Bruner realizó un reconocimiento a Cardin cuando escribió: *el primero y único compendio general de las plagas que afectan a las plantas económicas de Cuba publicado hasta la fecha, apareció hace ya unos treinta años en el Tercer Informe de la Estación (1915), escrito por el malogrado entomólogo cubano Patricio Cardin. Este trabajo, aunque relativamente breve, ha sido de inmenso valor para las personas dedicadas a la materia desde entonces.*

Además en el catálogo se incluyeron en muchos casos las siglas PC, como reconocimiento a las observaciones y material recolectado por Patricio Cardin.

Con motivo del 17 de julio, Día del Trabajador Fitosanitario, cada año se realizan actividades en todo el país, principalmente en centros de investigación, laboratorios, estaciones del servicio de protección de plantas y otros grupos de trabajadores de la sanidad vegetal, para rendir homenaje a Patricio Cardin Peñarredonda, por su ejemplo como científico consagrado a la entomología agrícola.

Estas actividades también se aprovechan para analizar los resultados anuales y establecer los compromisos para alcanzar nuevas metas. En algunos cen-

tros éstas actividades se combinan con talleres y otros eventos científico-técnicos.

A nivel nacional, la Comisión de Historia de la Sanidad Vegetal de Cuba, adscrita al Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal, convoca a un concurso anual, en el que se otorgan diferentes tipos de premios a estudios, centros de trabajo, etc.

Literatura consultada

- Acosta, M; Díaz, C. 2001. Angel Otero: un caso singular en la historia de la ciencia. *Fitosanidad* 5(4): 53-58.
- Bruner, SC; Scaramuzza, LC; Otero, AR. 1945. Catálogo de los insectos que atacan a las plantas económicas de Cuba. La Habana, Cuba. Boletín No 63, Estación Experimental Agronómica de Santiago de Las Vegas. Ministerio de Agricultura. 246 p.
- Cáceres, I; Hernández, N. 1999. Patricio Cardin Peñarredonda. Primer entomólogo fitosanitario cubano. INISAV.9 p.
- Companioni, N; Caballero, R; Estrada, J; Martínez, R; Fresneda, J; Méndez, A. 1984. 80 años de la Estación Experimental Agronómica de Santiago de Las Vegas. La Habana, Cuba. 659 p.
- Estación Experimental Agronómica. Legajo No 1574. 1916. Expediente No. 1 para asuntos relativos del Departamento de Entomología. La Habana, Cuba.
- Martínez, R. 1977. 70 años de la Estación Experimental Agronómica de Santiago de Las Vegas. La Habana, Cuba, Academia. 128 p.
- Martínez, R; Blanco, N; De la Torre, C. 2000. Bosquejo histórico de los trabajos realizados para el establecimiento del control biológico de la mosca prieta de los cítricos en Cuba. *Fitosanidad (Cuba)* 4 (3-4):99-105.

FORO

Perspectivas de la agricultura mundial para el siglo XXI ¹

Norman E. Borlaug²
Christopher R. Dowsell²

RESUMEN. Durante los últimos 40 años, la producción de alimentos se ha mantenido al ritmo del crecimiento demográfico del mundo. Con el aumento de los rendimientos en las tierras más aptas para la agricultura, los agricultores del mundo han podido reservar grandes áreas de tierra para otros propósitos. La agricultura en las regiones asiáticas en desarrollo ha logrado grandes avances económicos desde la crisis alimentaria de los años 60, aunque cientos de millones de personas todavía viven en la pobreza, sobre todo en el sur de ese continente. La producción de alimentos en la región del Sub-Sahara, en Africa, permanece en crisis. Los agricultores necesitan urgentemente aumentar el uso de fertilizantes, semillas mejoradas y prácticas agronómicas sostenibles. El mejoramiento de la infraestructura rural y de los sistemas de transporte también es esencial. El crecimiento y desarrollo de la agricultura en América Latina y el Caribe se caracterizan por grandes contrastes. Los grandes ganadores incluyen a aquellos agricultores que producen para los mercados de exportación. Durante los próximos 20 años, es probable que la demanda mundial de cereales aumentará en 40-50%, impulsada fuertemente por el creciente uso de cereales como alimento para animales. Con excepción de las áreas con suelos ácidos en América del Sur y Africa, el potencial por expandir el área de tierra cultivable a nivel mundial es limitado. Los futuros aumentos en la producción de alimentos deberán provenir principalmente de tierras que ya están en uso. En el Siglo XXI se deberá concretar una "Revolución azul," en la cual la productividad asociada con el uso del agua deberá estar acorde con la productividad del uso de la tierra. El mejoramiento genético continuo de los cultivos alimenticios, tanto mediante herramientas convencionales como biotecnológicas, es necesaria para incrementar los rendimientos, así como su estabilidad. El mundo ya tiene la tecnología para alimentar una población de 10 mil millones de personas sobre una base productiva sostenible.

Palabras clave: Agricultura mundial, Perspectivas, Producción de alimentos

ABSTRACT. Prospects for world agriculture in the 21st century. During the past 40 years, food production has more than kept pace with global population growth. By increasing yields on the lands best suited to agriculture, world farmers have been able to leave untouched vast areas of land for other purposes. Developing Asia agriculture has made remarkable economic strides since the food crisis of the 1960s, although hundreds of millions still live in poverty, especially in South Asia. Food production in sub-Saharan Africa remains in crisis. Farmers urgently need to increase the use of fertilizers, improved seed and sustainable agronomic practices. Improved rural infrastructure and transport systems are also essential. Agriculture growth and development in Latin America and the Caribbean can be characterized by great contrasts. The greatest gainers have included those farmers that produce for export markets. Over the next 20 years, it is likely that world cereal demand will increase by 40-50 percent, driven strongly by rapidly growing animal feed use. With the exception of acid-soil areas in South America and Africa, the potential for expanding global land area is limited. Future expansions in food production must come largely from lands already in use. The 21st Century will need to bring about a "Blue Revolution," one in which water-use productivity is much more closely wedded to land-use productivity. Continued genetic improvement of food crops—using both conventional as well as biotechnology research tools—is needed to shift the yield frontier higher and to increase stability of yield. The world has the technology to feed on a sustainable basis a population of 10 billion people.

Key word: World agriculture, prospects, Food production.

¹ Artículo presentado en la Serie de Conferencias Científicas Interamericanas Henry A. Wallace, "Enfoque Unificado de las Prioridades sobre Investigación Tropical en las Américas" Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica, 25-27 de febrero, 2002.
² Presidente y Asistente Especial del Presidente, respectivamente, de Sasakawa Africa Association.

Introducción

Es un placer participar en la conferencia inaugural de la *Serie de Conferencias Científicas Interamericanas "Henry A. Wallace"*. Es muy satisfactorio que este evento se lleve a cabo en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), dado el papel que jugó Henry Wallace en el establecimiento del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, con el fin de promover mejoras en la producción de alimentos y como símbolo de un "panamericanismo eficaz". De hecho, el 17 de marzo de 1943, en su primer viaje internacional oficial como Vicepresidente de los Estados Unidos, Wallace viajó a Turrialba a colocar la primera piedra del edificio de la sede central, que indudablemente hoy todavía está en pie.

Tuve el placer de conocer a Henry A. Wallace. Fue una figura paradójica—un político perspicaz, un genetista brillante, un economista autodidacta, un autor prolífico, un hombre de negocios exitoso y un gran humanista. Fue líder de la revolución del maíz híbrido, pues desarrolló algunas de las primeras variedades híbridas comerciales y fundó la que actualmente es la compañía de semillas más grande del mundo, Pioneer Hi-bred International. Además, las razas de pollos "Hy-line" que desarrolló, llegaron en un momento dado a constituir el 75% de todas las gallinas ponedoras que se vendían en el mundo entero.

Su carrera en la política fue controversial, por decir lo menos. Descendiente de una prominente familia republicana de Iowa, se encargó de la compañía de publicaciones de su familia, la cual produjo la revista *Wallace Farmer*, uno de los semanarios sobre agricultura más influyentes de su época. Wallace ocupó dos puestos en el gabinete, sirvió cuatro años como Vicepresidente en la administración de Franklin Roosevelt y fue candidato presidencial en 1948 por el Partido Progresista. Muchos lo consideraban un izquierdista peligroso, mientras otros como el *Profeta del hombre común*. Muchos lo consideran el Secretario de Agricultura más influyente en toda la historia de Estados Unidos, por ser autor de muchos de los programas del Nuevo Trato ("*New Deal*"), que sacó a la agricultura y a las zonas rurales de Estados Unidos de la gran depresión económica de los años 30.

Henry Wallace también tuvo una influencia importante sobre el rumbo que tomó mi vida. Fue él quien ayudó a convencer a la Fundación Rockefeller de que estableciera el primer programa de asistencia agrícola de Estados Unidos para países extranjeros en 1943, llamado "Programa de Cooperación Agrícola

entre el Gobierno Mexicano y la Fundación Rockefeller", al cual me uní en 1944 cuando era un joven científico asignado a la investigación y el desarrollo del trigo. Luego de abandonar la política, Wallace visitaba de vez en cuando nuestro programa de investigación en México. Le gustaba bromear y me preguntaba "¿*Qué hace un buen muchacho de Iowa como tú, Norman, enredándose con un cultivo como el trigo? Deberías estar trabajando en maíz.*" La última vez que lo vi fue en 1963, en la celebración del Quincuagésimo Aniversario de la Fundación Rockefeller. Estaba muy interesado en las nuevas variedades de trigo semienano y su potencial para revolucionar la producción en Asia. "¿*Van tus nuevos trigos a marcar la diferencia en Asia?*", me preguntó. Yo le respondí, "Dénos cinco años y el sur de Asia será autosuficiente en lo que respecta a la producción de trigo". Y, como sabrán, este hito se alcanzó en 1968 en Pakistán y en 1972 en India.

Desempeño del sistema mundial de alimentos

Durante los últimos 40 años la producción de alimentos se ha mantenido al mismo ritmo del crecimiento demográfico del mundo, gracias al flujo constante de variedades de alto rendimiento, las cuales se han combinado con mejores prácticas de manejo de cultivos. A nivel mundial, los suministros de alimentos per cápita en el mundo son un 23% más altos y los precios reales son un 65% más bajos de lo que eran en 1961. A pesar de este éxito, en los frentes de producción de alimentos y alivio de la pobreza no hay lugar para complacencias.

Fue a partir de la Segunda Guerra Mundial, que el uso de fertilizantes y especialmente la aplicación de nitrógeno de bajo costo derivado de amonio sintético, se ha convertido en un componente indispensable de la producción agrícola moderna (casi 80 millones de toneladas de nitrógeno como nutriente son aplicadas actualmente por año.) El Profesor Vaclav Smil, de la Universidad de Manitoba, quien ha estudiado los ciclos del nitrógeno durante la mayor parte de su vida profesional, estima que el 40% de los 6 mil millones de personas del mundo están vivas hoy gracias al proceso Haber-Bosch, el cual permite sintetizar el amoníaco (Smil 2000). Sería imposible que las fuentes orgánicas reemplacen esta cantidad de nitrógeno, sin importar cuánto tratáramos.

La intensificación agrícola ha ayudado a proteger los recursos ambientales, a pesar de problemas como la salinización, causada por sistemas de riego mal construidos y manejados, y la contaminación local de

algunos recursos hídricos freáticos y superficiales, la cual es causada en parte por el uso excesivo de fertilizantes, así como de los productos agroquímicos aplicados para la protección de los cultivos. Al aumentar el rendimiento en las tierras más aptas para la agricultura, los agricultores del mundo han podido reservar grandes áreas de tierra para otros propósitos. Por ejemplo, si los niveles de producción de cereales de 1950 prevalecieran todavía en el año 2000, en vez de 600 millones de hectáreas que se usaban para la producción, habríamos necesitado casi 1800 millones de hectáreas de tierra de la misma calidad para producir la cosecha mundial actual (Fig. 1), tierra que generalmente no ha estado disponible, especialmente en la sobrepoblada Asia. Además, si en la producción agrícola se hubiera incorporado tierra más frágil, desde el punto de vista ambiental, el impacto en la erosión del suelo, la pérdida de bosques, praderas y biodiversidad, así como la extinción de especies silvestres, habría sido enorme.

Le ha tomado a la humanidad entre 10 y 12 milenios aumentar la producción de alimentos a los niveles actuales de aproximadamente 5 000 millones de toneladas por año. Para el año 2020, no solo tendremos que reproducir la totalidad de la cosecha actual cada año, sino que tendremos que aumentarla en 40% o 50%. Esto no puede hacerse a menos que los agricultores en todo el mundo tengan acceso a métodos de producción de alto rendimiento y a los avances biotecnológicos, actualmente disponibles, que ofrecen grandes promesas para mejorar el potencial de rendimiento, la confiabilidad en el rendimiento y la calidad nutricional de nuestras cosechas alimenticias, así como para mejorar la salud humana en general.

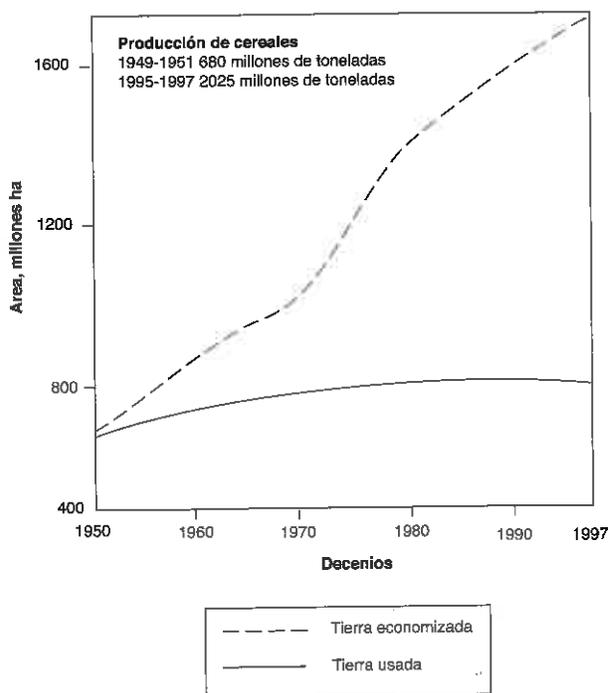


Figura 1. Producción mundial de cereales, extensión de tierra economizada mediante uso de tecnología mejorada, 1950 – 1998.

La revolución verde de Asia

El gran adelanto en la producción de trigo y arroz en Asia a mediados de los años 60, que se conoce como la Revolución Verde, simbolizó el proceso del empleo de las ciencias agrícolas para desarrollar técnicas modernas para el Tercer Mundo. Esto se inició en México, con la revolución “silenciosa” del trigo, a finales de los años 50. Durante los decenios de los 60 y 70, India, Pakistán y Filipinas llamaron la atención mundial por su progreso agrícola (Cuadro 1)

Cuadro 1. Crecimiento en la producción de arroz y trigo, en el Sur de Asia y regiones asiáticas en desarrollo.

Región	1961	1970	1980	1990	2000	Aumento (%) 1961-2000
Sur de Asia³						
Arroz, beneficiado	49	58	74	100	121	+147
Trigo	15	28	44	66	100	+567
Regiones asiáticas en desarrollo⁴						
Arroz, molido	122	183	233	311	357	+193
Trigo	44	51	128	202	232	+427

Fuente: FAOSTAT, Nov. 2001.

³ El Sur de Asia incluye Bangladesh, Bután, India, Nepal, Pakistán y Sri Lanka.

⁴ Regiones asiáticas en desarrollo incluye todos los países en vías de desarrollo desde Turquía en Asia Occidental hasta China en Asia Oriental.
Fuente: FAOSTAT, Nov. 2001.

Desde 1980, China ha sido la principal protagonista del éxito alimentario de Asia, no sólo porque el aumento en la productividad permitió incrementar el suministro total de alimentos, sino también por su éxito en una distribución más equitativa de estos alimentos entre los segmentos pobres de la población. Los éxitos del desarrollo agrícola y rural de China han facilitado muchísimo su rápido progreso industrial y urbano. De hecho, en general, la agricultura en las regiones asiáticas en desarrollo ha logrado grandes avances económicos desde la crisis alimentaria de los años 60. Aunque la vida ha mejorado para la mayoría de los asiáticos de las zonas rurales, cientos de millones todavía viven en la pobreza y con niveles inferiores de salud y educación con respecto a aquellos que viven en las zonas urbanas.

Según la FAO, en los últimos cuatro decenios, el área bajo riego en las regiones asiáticas en desarrollo ha aumentado más del doble, hasta llegar a 176 millo-

nes de hectáreas; el consumo de fertilizantes ha aumentado más de 30 veces y el uso de tractores ha crecido de 200 000 unidades a 4,6 millones (Cuadro 2). A pesar de los éxitos de los pequeños agricultores asiáticos en la aplicación de las tecnologías de la Revolución Verde para triplicar la producción de cereales desde 1961, la batalla para garantizar alimento a millones de personas que viven en la miseria, está muy lejos de alcanzar la victoria, especialmente en el sur de Asia. Una comparación de China e India ilustra este aspecto, pues aunque un aumento en la producción de alimentos es necesario, no es suficiente por sí mismo para alcanzar la seguridad alimentaria (Cuadro 3). Grandes cantidades de granos se han acumulado en India y China; no obstante, en India cientos de millones de personas padecen hambre por la falta de poder adquisitivo para comprar comida, mientras que China continúa haciendo grandes logros para eliminar el hambre.

Cuadro 2. Cambios en los factores de producción en las regiones asiáticas en desarrollo.

	Variedades modernas		Riego (millones ha)	Uso de fertilizantes (millones de t)	Tractores (millones)
	Trigo (millones ha / % de área)	Arroz (millones ha / % de área)			
1961	0 / 0%	0 / 0%	87	2	0,2
1970	14 / 20%	15 / 20%	106	10	0,5
1980	39 / 49%	55 / 43%	129	29	2,0
1990	60 / 70%	85 / 65%	158	54	3,4
1998	70 / 84%	100 / 74%	176	70	4,6

Fuentes: FAOSATAT 2001, datos de impacto CIMMYT e IRRI, Cálculos de los autores.

Cuadro 3. Indicadores de desarrollo socioeconómico en China e India.

	China	India
Población en 1961 (millones)	669	452
Población en 2000 (millones)	1 290	1 016
Crecimiento demográfico, 1990-1999, (%/año)	1,1	1,8
PIB per cápita, (US\$), 1999	780	440
Porcentaje en agricultura, 1995	47	64
Pobreza, (% poblac. con menos de \$1 al día), 1984-1999	4,6	35
Desnutrición infantil, (% con falta de peso), 1993-1999	9	45
Población analfabeta (% mayores de 15 años), 1995	16	45

Fuente: Atlas del Banco Mundial 2001, FAOSTAT 2001.

El Profesor Amartya Sen, galardonado con el Premio Nobel de Economía, atribuye el éxito que ha tenido China con respecto a India en lograr un crecimiento económico mejor distribuido y reducir la pobreza, a la prioridad que ha dado el gobierno de China a la inversión en educación rural y servicios de salud. Casi el 85% de la población de China sabe leer y escribir, mientras que solo el 55% de la población de India puede hacerlo. India tiene un 45% de su población viviendo bajo la línea de pobreza, mientras que China solamente reporta un 5%. Según informes, sólo un 9% de los niños chinos sufren de desnutrición, lo cual contrasta con un 35% en India. Con una población rural más sana y mejor educada, la economía de China ha podido crecer casi dos veces más rápido que la economía de India en los últimos dos decenios. Actualmente, China tiene un ingreso per cápita que es un 77% más alto que el de India.

La agricultura africana todavía en crisis

Más que en cualquier otra región, la producción de alimentos en el Sub Sahara en Africa sigue en crisis. En esta región no se dio la Revolución Verde. Las altas tasas de crecimiento demográfico y la poca aplicación de tecnologías agrícolas mejoradas han ocasionado un serio déficit alimentario y un deterioro en la nutrición de la población, especialmente entre los sectores más pobres de las zonas rurales. Aunque recientemente ha habido señales de que la producción alimentaria en manos de los minifundistas está empezando a mejorar, su recuperación todavía es muy frágil.

La pobreza extrema en el Sub Sahara de Africa, los suelos pobres, la precipitación pluvial incierta, las presiones de una población en crecimiento, los patrones cambiantes en la tenencia de tierras y ganado, los disturbios políticos y sociales, la escasez de ingenieros agrónomos capacitados y las debilidades en la investigación y los sistemas de transferencia de tecnología, contribuyen a hacer la tarea del desarrollo agrícola más difícil. A pesar de estos grandes retos para el desarrollo, incluyendo el SIDA, los elementos para el desarrollo agrícola que funcionaron en América Latina y Asia, tales como fertilizantes, mejores semillas y prácticas agronómicas, también funcionarán en Africa.

En gran medida, la crisis alimentaria en Africa es el resultado del abandono en que han tenido los líderes políticos a la agricultura durante muchos años. Aunque la agricultura brinda el sustento al 70 - 85%

de la población de la mayoría de los países africanos, el desarrollo agrícola y rural no ha sido prioritario. Las inversiones en los sistemas de distribución y mercadeo y en la investigación y educación agrícolas son tristemente inadecuadas. Además, muchos gobiernos buscaban y siguen buscando una política para proporcionar alimento barato a los habitantes urbanos, políticamente volátiles, a costa de los incentivos de producción para los agricultores.

Gran parte de los ambientes africanos, especialmente los bosques y las áreas de transición, son ecosistemas frágiles, en los cuales los suelos ácidos, severamente erosionados y desgastados, pierden rápidamente su fertilidad bajo sistemas de cultivo continuo. Tradicionalmente, el sistema de cultivo de quema y roza, con mudanza de sitio y patrones de siembra complejos, constituían sistemas de producción de alimentos de bajo rendimiento pero estables. El aumento de la población y de los requerimientos alimentarios ha llevado a acortar los períodos de recuperación natural de matorral y barbecho, que se usaban anteriormente para restaurar la fertilidad de los suelos y han obligado a los agricultores a moverse hacia las tierras marginales. Con el aumento del sistema de cultivo continuo en un mismo lugar, la materia orgánica y el nitrógeno se han agotado, mientras que el fósforo y otras reservas de nutrimentos se están agotando lenta pero constantemente. Esto ha tenido consecuencias desastrosas para el ambiente, tales como la grave erosión e invasión de malezas, lo cual conduce al empobrecimiento de la vegetación por clímax de fuego.

Como resultado de estas relaciones económicas desfavorables, en el Sub Sahara de Africa sólo se usan aproximadamente 10 kg de fertilizantes por hectárea de tierra fértil, en comparación con tasas entre 9 y 23 veces más altas utilizadas en otras regiones (Cuadro 4). Debido al uso de bajos niveles de fertilizantes, ha ocurrido un agotamiento masivo de nutrimentos en casi todos los países. Los cálculos indican que en los últimos 30 años, los suelos en el Sub Sahara de Africa han sufrido una pérdida neta de nutrimentos de 600 kg de nitrógeno, 120 kg de fósforo y 450 kg de potasio por hectárea. Salvo que los gobiernos africanos, apoyados por la comunidad internacional, enfrenten estos graves problemas, el deterioro de la productividad agrícola socavará seriamente las bases del crecimiento económico en Africa. Sin más fertilizantes químicos, la agricultura del Africa del Sub Sahara está destinada al fracaso.

Cuadro 4. Uso total de fertilizantes por hectárea de tierra cultivable, en 1999.

Región	Consumo total de fertilizantes (miles t)	Tierra cultivable (miles ha)	Uso de fertilizantes (kg/ha)
Sub Sahara de Africa	1 320	138 799	10
Regiones asiáticas en desarrollo	74 079	448 972	165
Unión Europea (15)	17 340	74 470	233
TLC-NA ⁵	24 265	247 310	99
América Latina ⁶	10 405	120 396	86

Fuente: FAOSTAT, julio 2001.

En 1986 trabajamos en proyectos de transferencia tecnológica para la producción de alimentos en el Sub Sahara de Africa, auspiciados por la Fundación Nippon y su presidente, Ryoichi Sasakawa[†] y apoyados con mucho entusiasmo por el ex presidente de Estados Unidos Jimmy Carter. Nuestra iniciativa conjunta, conocida como el programa Sasakawa Mundial 2000 (SG 2000) ha funcionado a través de los años en 14 países y actualmente funciona en 11 países africanos. El trabajo del SG 2000 en conjunto con los servicios nacionales de extensión ha ayudado a los pequeños productores a cultivar más de un millón de parcelas demostrativas, que varían en tamaño, de 1000 - 5000 m². En estas parcelas, principalmente, se ha experimentado con tecnología mejorada para el maíz, aunque también se ha trabajado con sorgo, trigo, yuca, arroz, soya, papa y leguminosas de grano.

Un componente muy interesante ha sido el fomento del maíz con proteína de calidad, el cual tiene niveles sustancialmente más altos de dos aminoácidos esenciales—lisina y triptófano. Este maíz tiene el potencial de mejorar considerablemente la nutrición, tanto animal como humana, cuando se consume directamente. Primero en Ghana, y ahora diseminado en todos los países del proyecto SG 2000, las variedades de alto rendimiento de maíz con proteína de calidad se cultivan en aproximadamente 250 000 ha, y esta área probablemente se duplique en los próximos años. Este maíz es especialmente importante para los africanos pobres, con dietas deficientes en proteínas. Los estudios sobre alimentación infantil han mostrado una mejora significativa en la salud de los niños cuando se usa el maíz con proteína de calidad como alimento al finalizar la lactancia materna.

Los paquetes tecnológicos para la producción de cultivos mejorados, recomendados por los programas conjuntos del Ministerio de Agricultura y el SG 2000 incluyen: a) el uso de las mejores variedades comerciales o híbridos existentes; b) una adecuada preparación de la tierra y de la siembra para lograr el establecimiento del cultivo; c) la aplicación apropiada de los fertilizantes adecuados y, cuando se necesite, de productos para la protección del cultivo; d) control oportuno de malezas; y e) conservación de la humedad y mejor uso del agua, si se utiliza riego. También trabajamos con las familias de los agricultores participantes para mejorar el almacenamiento de los productos agrícolas en las fincas, para reducir las pérdidas de granos por infestación y daños causados por plagas y permitir a los agricultores mantener el producto por más tiempo, con el fin de aprovechar los períodos en los cuales los precios les sean más favorables.

Prácticamente sin excepción, las parcelas de demostración cultivadas por los agricultores han tenido rendimientos entre dos y cuatro veces más altos que los que comúnmente obtenían con los métodos de producción tradicionales. Se han organizado miles de días de campo, a los que han asistido cientos de miles de agricultores, para demostrar y explicar los componentes de los paquetes de producción. En las áreas donde operan los proyectos, el entusiasmo de los agricultores es grande y los líderes políticos se están interesando bastante en el programa. Así, la disponibilidad de la tecnología, actualmente no es el factor limitante para el crecimiento de la productividad en la agricultura minifundista de Africa. Puesto que la tecnología ya está disponible, los agricultores pueden fácilmente duplicar y triplicar el rendimiento de la ma-

⁵ Tratado de Libre Comercio de Norte América (Canadá, México, Estados Unidos).

⁶ Tratado de Integración de América Latina (15 países).

yoría de sus cultivos alimenticios, forrajes y de fibra. Ellos no adoptan esta tecnología porque siguen atrapados en un círculo de costo/precio, tanto de los insumos como de los productos.

En Africa, el precio de los fertilizantes puestos en la finca del productor, es a menudo el doble y a veces el triple de lo que pagaría un agricultor en un país industrializado, debido en gran parte a los altos costos de transporte. Pero el precio que estos agricultores reciben por sus productos, comprados en la finca, a menudo es tan bajo que llega al 50% del precio del mercado en los centros urbanos. Una infraestructura inadecuada en el Sub Sahara de Africa, especialmente de caminos, transporte, agua potable y electricidad, representa un obstáculo importante para el desarrollo rural y económico. En particular, la infraestructura del transporte en Africa es inadecuada (Cuadro 5). La mayoría de la producción agrícola en Africa se genera a lo largo de una amplia red de veredas, vías y caminos vecinales, en los cuales el modo de transporte más común es “las piernas, cabezas y espaldas de las mujeres”. De hecho, la mayor parte del tiempo de los miembros de la familia es dedicado al transporte de los productos al mercado y a la búsqueda de agua y leña.

Se necesita un transporte eficiente para facilitar la producción y permitir a los agricultores llevar sus productos a los mercados; la agricultura intensiva es particularmente dependiente del acceso mediante vehículos. Además, las mejoras en los sistemas de vías de transporte reducirían el aislamiento rural, lo cual ayudaría a eliminar los rencores entre tribus y facilitaría el establecimiento de escuelas y clínicas rurales en áreas donde los educadores y los profesionales en salud, hasta ahora, han sido renuentes a establecerse. Encontrar el modo de brindar una infraestructura eficaz y eficiente en el Sub Sahara de Africa subyace todos los demás esfuerzos para reducir la pobreza, mejorar la salud y la educación, alcanzar la paz y la prosperidad.

América Latina y el Caribe

El crecimiento y desarrollo de la agricultura en América Latina y el Caribe se caracterizan por grandes contrastes, con claros ganadores y perdedores. En general, el crecimiento agrícola promedió durante el decenio de los 90 fue de 3% anual, pero este crecimiento fue concentrado y disparado. Entre los ganadores están aquellos agricultores que producen para los mercados de exportación. Las exportaciones de cultivos tradicionales, tales como cereales, café y carne han

mostrado un crecimiento constante, y las exportaciones de productos no tradicionales, tales como frutas y vegetales, han experimentado un crecimiento rápido.

Cuadro 5. Extensión (km) de caminos pavimentados por millón de personas en varios países.

País	km
Estados Unidos	20 987
Francia	12 673
Japón	6 584
Zimbabwe	1 586
Sudáfrica	1 402
Brasil	1 064
India	1 004
China	803
Guinea	637
Ghana	494
Nigeria	230
Mozambique	141
Tanzania	114
Uganda	94
Etiopía	66

Fuente: Enciclopedia Británica (2001), Anuario.

Argentina y Brasil han expandido muchísimo su producción de granos básicos, que se cultivan cada vez más en grandes fincas comerciales (Cuadro 6). Argentina ha expandido sus exportaciones de cereales y soya. Brasil, por otro lado, ha importado maíz y trigo, mientras que sus exportaciones de soya han aumentado. Asimismo, se ha destinado un porcentaje mayor de la producción de cereales a la exportación. Por otra parte, Chile ha reducido el área cultivada con granos (aunque los rendimientos han aumentado considerablemente) y ha expandido el área de producción de cultivos de alto valor, como las frutas y los vegetales, destinados a la exportación directa o para el procesamiento agroindustrial y su posterior exportación. Una parte importante de estas fincas no son necesariamente muy grandes, pero tienen acceso a los mercados externos, la tecnología y el crédito.

Al otro lado del espectro hay varios millones de pequeños agricultores latinoamericanos atrapados todavía en una agricultura de bajo rendimiento y sumidos en la pobreza. El Banco Mundial ha calculado que hay unos 50 millones de agricultores en esta categoría, de los cuales 30 millones son indígenas pobres que viven en áreas a gran altitud, en las laderas de las colinas.

Cuadro 6. Producción de maíz, soya y trigo en Argentina y Brasil.

	Producción (miles t)			Aumento (%)
	1980	1990	2000	1980-2000
Argentina				
Maíz	6 400	5 400	16 817	163
Soya	3 500	10 700	20 207	177
Trigo	7 780	10 992	16 147	108
Brasil				
Maíz	20 373	21 341	31 879	56
Soya	15 156	19 888	32 735	116
Trigo	2 701	3 093	1 662	-32

Fuente: FAOSTAT, Febrero 2002.

nas y en áreas propensas a la sequía. Estos agricultores producen principalmente para el mercado local o para subsistencia. Su productividad no ha seguido el mismo ritmo de otros sectores de la economía y muchos de ellos ven en la migración su única alternativa para escapar de la pobreza. Pero esto no necesariamente debe ser así.

A pesar de los altos niveles de urbanización en América Latina (un 75% en general) pero con variaciones significativas entre países, las economías rurales tienen una reserva sustancial de productividad por explotar, lo cual beneficiaría sustancialmente la industrialización y otros sectores económicos.

Transformar el sector de minifundistas en América Latina es un reto importante al que se enfrentan los profesionales en agricultura y las agencias de fomento. Aunque el sector privado también puede ayudar en esta tarea, es ingenuo esperar que ésta sea la fuerza impulsora. Por el contrario, la tarea de diseñar las políticas y los programas necesarios para insertar a estos productores marginales en la corriente principal de la evolución agrícola actual recae más en el sector público. Será necesario la inversión en investigación y generación de tecnología e infraestructura rural (especialmente transporte, energía y riego), educación y desarrollo de instituciones de mercadeo y crédito.

A menos que se invierta el dualismo creciente de la agricultura latinoamericana, comercial *versus* subsistencia, en los próximos decenios se podrían desatar nuevos movimientos de fuerzas sociales y políticas desestabilizadoras. El tráfico ilegal de drogas y varios movimientos guerrilleros encuentran terreno fértil entre la población rural desposeída.

Finalmente, cuando los agricultores de pocos recursos, en su lucha por la supervivencia, se ven forza-

dos a emplear prácticas de producción que agotan los nutrimentos del suelo y a cultivar tierras que deberían dejarse en barbecho, se desata un círculo vicioso de erosión de los suelos y deforestación, lo cual puede tener enormes costos económicos, sociales y ambientales a largo plazo. Aumentar la productividad, de manera sostenible, en las tierras más aptas para la producción agrícola es nuestra esperanza para reducir la pobreza rural y así proteger los suelos, los recursos hídricos, los bosques, la vida silvestre y la biodiversidad.

No olvidemos que América Latina contiene aproximadamente un 20% de la tierra potencialmente arable del mundo, casi un 50% de los bosques tropicales, y cerca de un tercio de los recursos de agua dulce renovables. Le debemos a las futuras generaciones una buena administración de estos recursos.

Retos de la agricultura en el siglo XXI

La mayoría de los expertos, concuerdan, en que la población mundial aumentará de los 6000 millones de habitantes actuales a por lo menos 7600 millones, para el año 2020. Es muy probable que la demanda de cereales, los cuales proporcionan el 70% de nuestro suministro de alimentos, aumentará entre un 40 y un 50%. El uso de los cereales para alimento animal, impulsado por la demanda creciente de carne y leche, constituirá un 35% del aumento en la demanda de estos cultivos entre 1997 y 2020 (Pinstrup-Andersen y Pandya-Lorch 2001). En los países en desarrollo la demanda de maíz para la nutrición animal irá a la cabeza de la de otros cultivos de cereales.

El crecimiento demográfico, la urbanización y los ingresos crecientes están favoreciendo un aumento masivo en la demanda de productos animales (Pinstrup-Andersen y Pandya-Lorch 2001).

Para el año 2020, las personas en los países en desarrollo probablemente consumirán 100 millones de toneladas más de carne y 223 millones de toneladas más de leche de lo que hacían en 1993 (Cuadro 7). La demanda de pollo será la que tenga el mayor aumento. Para el año 2020, China se convertirá en el principal productor de carne e India se convertirá en el mayor productor de leche a nivel mundial.

A nivel mundial, el subsector ganadero se hará cada vez más importante dentro del sector agropecuario. Sin embargo, los aumentos en el suministro de productos ganaderos provienen principalmente de la producción industrial. Esto se debe al estado subdesarrollado de los sistemas tradicionales de los pequeños ganaderos. No obstante, con políticas apropiadas que promuevan mejoras en la salud y nutrición animal, las recompensas de un rápido crecimiento del sector ganadero podrían beneficiar a los pequeños productores.

En China, el segundo mayor productor de maíz, donde casi el 80% del grano se utiliza para la alimentación de ganado, el maíz con proteína de calidad puede mejorar significativamente las tasas de conversión alimentaria, especialmente para la producción porcina. China se lanzó a la investigación sobre maíz con proteína de calidad a mediados de los 70, bajo el liderazgo del Profesor Li Ching-Hsiung[†], de CAAS, y esta investigación ha continuado hasta el presente por parte de una nueva generación de mejoradores en CAAS y nueve centros provinciales de investigación. Durante los años 90, se liberaron media docena de híbridos de maíz con proteína de calidad y actualmente, en conjunto, se cultivan aproximadamente 350 000 - 400 000 ha. Nos motiva mucho el trabajo que actualmente se está realizando en el condado Longli, en la provincia de Guizhou, en el sur de China. Allí se está usando maíz con proteína de calidad como parte de un programa de reducción de la pobreza rural, impulsado por los servicios de extensión local. Los pequeños agricultores que participan están sembrando híbridos de este tipo de maíz y combinan granos de maíz con proteína de calidad con salvado de arroz y "cortes" verdes para alimentar de 1 a 10 cerdos. Esta mejora en la nutrición significa mayor ganancia de peso de los animales, lo cual genera más dinero para los pequeños agricultores.

Agotamiento de recursos terrestres. El área global de tierra cultivable y, para la mayoría de las regiones, el potencial de expansión futura son limitados. Esto es particularmente cierto para Asia y Europa, que están densamente pobladas. Solo en el Sub Sahara de Afri-

Cuadro 7. Consumo de carne, real y proyectado, por región.

Región	Consumo total de carne (millones t)		
	1983	1993	2020
China	16	38	85
Otros países en Asia Oriental	1	3	8
India	3	4	8
Otros países del sur de Asia	1	2	5
Asia Suroriental	4	7	16
América Latina	15	21	39
Asia Occidental / Norte de África	5	6	15
Sub Sahara de Africa	4	5	12
Países en desarrollo	50	87	188
Países industrializados	88	97	115
Mundial	139	184	303

Fuente: IFPRI (2001).

ca y en América del Sur existen todavía grandes terrenos sin explotar, y solamente parte de esta tierra eventualmente habrá de utilizarse en la producción agrícola. En la populosa Asia, hogar de más de la mitad de los habitantes del mundo, queda muy poca tierra sin cultivar. De hecho, parte de la tierra que actualmente está en producción, especialmente en el sur de Asia, debe dejarse de cultivar por la alta susceptibilidad a la erosión del suelo.

O sea, la mayoría de los aumentos en el suministro mundial de alimentos deberán venir de tierras agrícolas que ya están en producción. De hecho, más del 85% del crecimiento total en la producción de cereales debe venir de rendimientos crecientes en tierras que ya están produciendo (Pinstrup-Andersen y Pandya-Lorch 2001). Dichos aumentos en la productividad requerirán variedades con un potencial genético de rendimiento más alto y una mayor tolerancia a la sequía, los insectos y las enfermedades. Para lograr estas ventajas genéticas, se necesitarán avances tanto en la investigación convencional como en biotecnología. En el manejo de cultivos, podemos esperar mejoras en la productividad de los suelos y en la conservación del agua, la labranza, la fertilización, el control de malezas y plagas y el manejo de poscosecha.

El poner las tierras del mundo, potencialmente cultivables y que aún están sin explotar, al servicio de la producción agrícola representa un reto enorme. El Cerrado brasileño, o sabana ácida, es un buen ejemplo. El Cerrado es una vasta extensión de praderas, principalmente llanas con pequeñas ondulaciones, con

ecotipos de árboles atrofiados y matorrales de semiclímax inducidos por incendios en algunas áreas. Su superficie total es de aproximadamente 205 millones de hectáreas, casi equivalente al área combinada de España, Francia, Italia y Gran Bretaña. Se extiende desde la latitud 24° hasta 4° S y varía en elevación de 500 a 1800, con una precipitación unimodal (de octubre a marzo) que varía de 900 a 1800 mm anuales.

El Cerrado central, con 175 millones de hectáreas en un bloque continuo, forma la mayoría de las tierras de la sabana. Aproximadamente 112 millones de hectáreas de este bloque se consideran potencialmente cultivables. La mayor parte del resto tiene valor potencial para plantaciones forestales y pastizales mejorados para la producción animal. Los suelos de esta área se componen principalmente de varios tipos de greda profunda y latosoles de greda arcillosa (oxisoles, ultisoles), con buenas propiedades físicas, pero altamente lixiviados de nutrientes. Son muy ácidos, tienen niveles tóxicos de aluminio soluble (y de manganeso en algunas áreas), y la mayoría del fosfato fijado no está disponible.

Hasta hace 50 años, el Cerrado casi no estaba habitado y se consideraba de poco valor para la agricultura. Se practicaba alguna agricultura en franjas de suelos aluviales, a lo largo de las márgenes de riachuelos, que eran menos ácidos y donde había una acumulación de nutrientes. Además, había alguna producción pecuaria, pero la flora natural de sabana y arbustos (poco digerible y de baja calidad nutritiva) daba como resultado una producción con baja capacidad de carga o sustentación.

Actualmente, está en marcha una revolución agrícola en el Cerrado, como resultado de un largo proceso de investigación y desarrollo. Durante los años 30 y 40, varias facultades de agronomía y estaciones experimentales del gobierno provincial y federal, realizaron investigaciones que permitieron obtener información sobre los suelos y la agronomía, así como sobre desarrollo de germoplasma de plantas tolerantes al aluminio. Para los años 60, se estaba intentando cultivar algunas partes del Cerrado a escala comercial, conforme se aplicaban modificaciones a los suelos, en calado para corregir la acidez y la toxicidad causada por aluminio, combinado con NPK (nitrógeno, fósforo y potasio), azufre y fertilizantes con micronutrientes. Se desarrolló una nueva generación de variedades de cultivos (pastos forrajeros, arroz, soya, maíz y trigo) con tolerancia a la toxicidad causada por el aluminio. Desgraciadamente, este primer grupo de variedades,

aunque tolerantes a la toxicidad por aluminio, tenían un bajo potencial de rendimiento de granos y otros defectos, especialmente susceptibilidad a varias enfermedades.

La creación en 1973 de la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA), la corporación nacional de investigación agrícola de Brasil, dio un mayor impulso a la investigación sobre el Cerrado. Los científicos de EMBRAPA iniciaron un programa sistemático de investigación interdisciplinaria, que integraba el conocimiento anterior y generaba nueva información y productos mediante la investigación. Gran parte de la investigación sobre la fertilidad y toxicidad del suelo y la investigación agronómica interdisciplinaria se concentró en el Centro de Pesquisa Agropecuaria del Cerrado (CPAC), ubicado cerca de Brasilia, mientras que la investigación sobre reproducción de variedades mejoradas de cultivos resistentes a enfermedades e insectos plaga, se llevó a cabo en varios centros nacionales de investigación sobre productos básicos de EMBRAPA.

Durante los años 80, EMBRAPA y varios centros internacionales de investigación agrícola (especialmente CIMMYT y CIAT) empezaron a colaborar más intensamente para desarrollar una tercera generación de variedades de cultivos que combinaran tolerancia a la toxicidad del aluminio con mayor rendimiento, mayor resistencia a las principales enfermedades y mejor tipo agronómico. Esta nueva generación de variedades mejoradas de cultivos está llegando ahora a las fincas de los agricultores. Además, se puso al alcance de éstos mejores sistemas de manejo de cultivos, que utilizan la rotación y una labranza mínima que deja los residuos de cosecha sobre el campo, para facilitar la penetración de la humedad y reducir la escorrentía y la erosión.

Todavía hay muchos retos para la investigación sobre la situación actual de la producción comercial de cultivos en el Cerrado. Los agricultores, tanto individualmente como en colaboración con los científicos, están haciendo muchos avances. Aún hay mucho por hacer y se necesita más investigación, tanto por parte de organizaciones públicas como del sector privado. La infraestructura en la parte norte del Matto Grosso, Cerrado es insuficiente y el costo del transporte para llevar los productos desde donde se producen hasta los mercados es tal, que consume la mayoría de lo que normalmente llegaría a los bolsillos de los agricultores como ingresos. En otras palabras, hay un margen muy pequeño de ganancia para los agricultores.

Se necesita más investigación para obtener recomendaciones más exactas sobre fertilizantes para diferentes cultivos en diferentes áreas. Puesto que la labranza cero o la labranza mínima se está volviendo una práctica común, o sea que los desechos o residuos del cultivo se dejan en la superficie, será absolutamente necesario buscar mejores rotaciones de cultivos que reduzcan la infección foliar con enfermedades ocasionadas por inóculo en los residuos de la cosecha anterior o trasanterior.

Actualmente, hay buenas variedades con tolerancia al aluminio, en cultivos como arroz, maíz, soya, trigo y varias especies de gramíneas para pastoreo, incluyendo *Panicum*, *Digitaria decumbens* y *Brachyaria*. El triticale es un cereal sintético interesante que tiene un nivel muy alto de tolerancia al aluminio. Desdichadamente, hasta el momento, en el Cerrado no ha tenido gran uso para forraje o para la producción de granos.

El Dr. Jamil Macedo de EMBRAPA informó que en 1990 se cultivaron aproximadamente 10 millones ha de cultivos de secano, con un rendimiento promedio de 2 t/ha y una producción total de 20 millones toneladas (Cuadro 8). El área bajo riego todavía es relativamente pequeña de sólo 300 000 ha, con una producción promedio de 3 t/ha y una producción total de 900 000 toneladas. También hay 35 millones de hectáreas de pastizales mejorados, con una producción anual de carne de 1,7 millones toneladas.

Cuadro 8. Producción de cereales y carne en el Cerrado, Brasil en 1990.

Uso de la tierra	Superficie (millones ha)	Productividad (t/ha/año)	Producción (millones t)
Cultivos de secano	10,0	2,0	20,0
Cultivos con riego	0,3	3,0	0,9
Producción de carne (pastizales)	35,0	0,05	1,7
Total	45,3		22,6

Fuente: Perspectivas para el uso racional de El Cerrado brasileño para la producción de alimentos. Dr. Jamil Macedo, CPAC, EMBRAPA, 1995.

Macedo señala que si la tecnología mejorada disponible en 1995 se utilizara ahora en los 20 millones de hectáreas de tierra potencialmente arable de secano en el Cerrado, sería posible que los agricultores obtuvieran 3,2 t/ha de rendimiento promedio y 64 millones de toneladas de producción. También indica que el área bajo riego puede aumentarse a 5 millones de hectáreas, con una producción promedio esperada de 6

t/ha, para una producción total de la cosecha de 30 millones de toneladas. La producción de carne también podría aumentarse cuatro veces con pastizales mejorados. En total, la producción de alimentos podría aumentar de 22,6 millones a 98 millones de toneladas, mediante la adopción generalizada de la tecnología mejorada ya disponible (Cuadro 9).

Cuadro 9. Producción potencial de alimentos si la tecnología disponible en 1995 se adoptara en el área del Cerrado que ya está en producción.

Uso de la tierra	Superficie (millones ha)	Productividad (t/ha/año)	Producción (millones t)
Cosechas (de secano)	20,0	3,2	64
Cosechas (con riego)	5,0	6,0	30
Carne (pastizales)	20,0	0,2	4
Total	45,0		98

Fuente: J. Macedo CPAC, EMBRAPA (1995).

Si los precios internacionales de los productos agropecuarios ofrecen suficientes incentivos económicos, podemos esperar una rápida difusión de la tecnología mejorada en el Cerrado. Sin embargo, los serios problemas de infraestructura, especialmente el transporte para acarrear estos productos al mercado, sobre todo para los mercados de exportación, deben resolverse. Se necesita una gran inversión, alguna de la cual ya se está haciendo, para desarrollar sistemas integrales de transporte (camino, ferrocarriles y barcasas fluviales).

La apertura del Cerrado ayudará a garantizar que el suministro mundial de alimentos sea el adecuado en los próximos dos decenios, si continuamos usando políticas inteligentes para estimular la producción. Eventualmente, la tecnología similar a la que hace que el Cerrado sea productivo llegará a los Llanos en Colombia y Venezuela y, ojalá, a los países del centro y sur de África, donde tienen problemas parecidos con los suelos.

Escasez creciente de agua. Aunque el agua cubre más o menos el 70% de la superficie de la Tierra, solo aproximadamente un 2,5% de ella es agua dulce, y la mayoría está congelada en los casquetes polares de Antártica y Groenlandia, en la humedad del suelo o en acuíferos profundos que no son fácilmente accesibles para el uso humano. De hecho, menos de 1% del agua dulce del mundo, la que se encuentra en los lagos, ríos, embalses y acuíferos subterráneos poco profundos para ser explotados económicamente, está fá-

cilmente disponible para el consumo humano directo (Organización Meteorológica Mundial 1997). La agricultura con riego, que demanda el 70% de la extracción de agua en el mundo, cubre aproximadamente un 17% de las tierras cultivadas (aproximadamente 275 millones de hectáreas) que producen un 40% del total de alimentos.

La rápida expansión del uso del riego a nivel mundial y de los usos urbanos e industriales del agua ha llevado a una escasez creciente de este líquido. La Evaluación Completa de los Recursos de Agua Dulce del Mundo de la ONU, realizada en 1997, estima que aproximadamente un tercio de la población mundial vive en países que están experimentando un estrés moderado o alto por el agua, lo cual es ocasionado por la demanda creciente de una población en aumento y de mayor actividad humana. En ese documento se señala que, para el año 2025, casi dos terceras partes de la población del mundo podría estar bajo condiciones de estrés por agua.

En muchos de los esquemas de riego, especialmente en los países asiáticos en desarrollo, no se hizo la inversión adecuada en sistemas de drenaje para prevenir que los niveles freáticos subieran mucho y para lavar las sales que suben a la superficie de nuevo hacia abajo a través del perfil del suelo. Todos conocemos las consecuencias: una salinización severa en muchos suelos irrigados, especialmente en las áreas más secas y anegamiento de los suelos irrigados en las áreas más húmedas. En particular, muchos esquemas de riego en Asia, que constituyen casi dos tercios del área mundial irrigada, se ven seriamente afectados por ambos problemas. El resultado es que la mayoría de los fondos que se destinan al riego terminan siendo usados para gastos de mantenimiento y arreglos provisionales de los sistemas mal diseñados, en vez de para nuevos proyectos de riego. En los esquemas de riego futuros, el drenaje de aguas y sistemas de eliminación deben presupuestarse desde el inicio del proyecto. Desgraciadamente, añadir estos costos al proyecto original a menudo ocasiona un rédito muy bajo sobre la inversión. La sociedad luego tendrá que decidir cuánto está dispuesta a subsidiar en el desarrollo de nuevos proyectos de riego.

Hay muchas tecnologías para mejorar la eficiencia del uso del agua. El agua residual puede tratarse y usarse para riego. Esta podría ser una fuente de agua especialmente importante para la agricultura periurbana, la cual está creciendo rápidamente alrededor de muchas de las megaciudades del mundo. El agua pue-

de suministrarse con mucha más eficiencia a las plantas y en formas que eviten el anegamiento y la salinización. El uso de nuevos cultivos que requieren menos agua (o variedades nuevas y mejoradas), junto con secuencias más eficientes de cultivos y siembra oportuna, pueden lograr ahorros significativos en el uso de este recurso.

Tecnologías ya probadas, tales como riego por goteo, que ahorra agua y reduce la salinidad del suelo, son adecuadas para áreas mucho más grandes que en las que actualmente se usa. Varios sistemas de riego de gran precisión también están por venir; estos suministrarán agua a las plantas sólo cuando la necesitan. También hay una variedad de sistemas de riego a pequeña escala mejorados y complementarios para aumentar la productividad de las áreas de secano, los cuales son muy prometedores para los pequeños agricultores.

Obviamente, debemos replantear nuestras actitudes sobre el agua y dejar de pensar en ella como un bien casi gratuito y un derecho dado por Dios. Es necesario fijar los precios del suministro de agua más cercanos a los costos reales, para mejorar la eficiencia de su uso. Los agricultores y quienes controlan el riego (y los consumidores urbanos) necesitarán incentivos para ahorrar agua. Además, el manejo de las redes de distribución de agua, excepto los canales primarios, debe descentralizarse y ponerse en manos de los agricultores.

Con el fin de incrementar la producción de alimentos para una población mundial en aumento, dentro de los parámetros de la disponibilidad probable de agua, la conclusión inevitable es que la humanidad en el siglo XXI deberá propiciar una "Revolución Azul" para complementar la llamada "Revolución Verde" del siglo XX. En la nueva Revolución Azul, la productividad del uso del agua debe estar acorde con la productividad del uso de la tierra. Nuevos conocimientos científicos y tecnológicos deben guiar este cambio.

Nuevas tecnologías para el mejoramiento de los cultivos

Los investigadores en agricultura y los agricultores en todo el mundo se enfrentarán, durante los próximos 20 años, al reto de desarrollar y aplicar tecnologías que puedan aumentar la producción mundial de cereales entre 50 y 75%, y deben hacerlo de una manera económica y ambientalmente sostenible. Gran parte de los aumentos en la producción de granos será el

resultado de la aplicación de la tecnología que ya está disponible, pero que todavía no se utiliza al máximo. Pero también habrá nuevos avances tecnológicos logrados mediante la biotecnología, especialmente en el mejoramiento de plantas para aumentar la estabilidad del rendimiento y, ojalá, el potencial máximo del rendimiento genético.

Se necesita un constante mejoramiento genético de los cultivos alimenticios, mediante herramientas de investigación convencionales y de biotecnología, para subir el límite de rendimiento y para aumentar su estabilidad. Aunque las herramientas de investigación biotecnológica prometen mucho, también es importante reconocer que los métodos convencionales de reproducción de plantas continúan haciendo contribuciones significativas para mejorar la producción alimenticia y la nutrición. En el caso del arroz y el trigo, se están siguiendo tres estrategias diferentes, pero relacionadas, para aumentar el potencial de rendimiento genético máximo: los cambios en la arquitectura de las plantas, hibridación y una mayor utilización de los recursos genéticos (Rajaram y Borlaug 1996). Se han hecho progresos significativos en las tres áreas, aunque extender este impacto hasta las fincas de los agricultores, probablemente tome unos 10 o 12 años. IIRI señala que el nuevo tipo de planta "super arroz", junto con las siembras directas, podría aumentar el potencial de producción de este grano entre 20 y 25% (Khush 1995).

En el caso del trigo, las nuevas plantas con arquitectura similar a los "super arroses" (cabezas más grandes, más granos y menos vástagos) podría traer un aumento en el potencial de rendimiento de 10 a 15% (Rajaram y Borlaug 1997). La introducción de genes de especies silvestres relacionadas con el trigo cultivado, puede introducir fuentes importantes de resistencia a diversas causas de estrés biótico y abiótico y, tal vez, ofrecer un potencial de producción más alto, especialmente si los trigos transgénicos se usan como material precursor en la producción de trigos híbridos (Kazi y Hettel 1995).

El éxito del arroz híbrido en China (que actualmente se siembra en más del 50% del área irrigada) ha renovado el interés en el trigo híbrido, cuando la mayoría de la investigación se ha discontinuado por varias razones, principalmente por baja heterosis mientras se trata de explotar la esterilidad masculina citoplásmica, y por altos costos en la producción de semillas. Sin embargo, mejoras recientes en los agentes

químicos de hibridación, los avances en la biotecnología y el surgimiento de nuevos tipos de plantas de trigo, han hecho que la evaluación de los híbridos valga la pena. Con una mejor heterosis y un aumento en el relleno del grano, el límite de rendimiento de los nuevos genotipos de trigo podría ser entre un 25 y un 30% por encima de la base germoplásmica actual. Además, el híbrido triticale promete un potencial de rendimiento más alto que el trigo para algunas áreas y usos.

La producción de maíz realmente ha empezado a aumentar en los países asiáticos, especialmente en China. Actualmente, este cultivo tiene el rendimiento promedio más alto de todos los cereales en Asia, y mucho del potencial de rendimiento genético todavía no se ha explotado. Además, recientes desarrollos de variedades híbridas de alto rendimiento de maíz con proteína de alta calidad, logrados mediante el uso de métodos convencionales de mejoramiento de plantas, mejorarán la calidad nutritiva del grano, sin sacrificar el rendimiento. Estos logros de la investigación ofrecen importantes beneficios nutricionales para el ganado y los seres humanos. Con las herramientas biotecnológicas, es probable que en los próximos años veamos más mejoras en la calidad nutricional de los cereales.

El desarrollo reciente, por investigadores de la Universidad de Purdue, EE.UU., de variedades de sorgo de alto rendimiento e híbridos resistentes a la maleza parasítica hasta ahora incontrolable, *Striga* spp., es un avance de investigación importante para muchas áreas de Asia y África.

Cada día hay más evidencia de que existe la variación genética dentro de la mayoría de especies de cultivos de cereal para desarrollar genotipos que sean más eficientes en el uso del nitrógeno, el fósforo y otros nutrientes con respecto a los que hay disponibles en la actualidad en las mejores variedades e híbridos. Además, hay buena evidencia de que una mayor tolerancia al calor y a la sequía puede incorporarse en el germoplasma de alto rendimiento.

Tecnologías mejoradas para el manejo de cultivos

La productividad de los cultivos depende del potencial de rendimiento de las variedades y del manejo del cultivo usado para mejorar la eficiencia de los insumos y productos. Las ganancias en productividad pueden lograrse durante todo el proceso: en la labranza, el uso del agua, la fertilización, el control de malezas y plagas y la cosecha.

Un ejemplo sobresaliente de la nueva tecnología

de la Revolución Verde y Azul en la producción de trigo con riego es el *sistema de cultivo en camas*, el cual tiene múltiples ventajas con relación a los sistemas de cultivo convencionales. La altura de las plantas y el hacinamiento se reducen, y como resultado se logra un aumento de 5 a 10% en el rendimiento y mejor calidad de los granos. El uso del agua se reduce entre 20 y 25%, un ahorro espectacular, y la eficiencia de insumos (fertilizantes y herbicidas) también mejora muchísimo (30%). Esta tecnología ya ha sido adoptada en el noroeste de México y su aceptación está aumentando en otros países, incluyendo Pakistán, India y China.

La labranza de conservación (cero labranza o labranza mínima) es otra tecnología de manejo de suelos y agua que se está diseminando rápidamente en muchas partes del mundo. La compañía Monsanto ha estimado que los agricultores usaron prácticas de labranza de conservación en 95 millones de hectáreas en el año 2000. Si se reduce o eliminan las operaciones de labranza, se puede reducir significativamente el tiempo de rotación en tierras donde se cultiva dos o tres veces al año, especialmente rotaciones como arroz/trigo y algodón/trigo. Esto permite mejorar el rendimiento y reducir los costos de producción. La labranza de conservación también controla las poblaciones de malezas y reduce muchísimo el tiempo que las familias minifundistas deben dedicar a esta agotadora labor. Finalmente, la cubierta o el "mantillo" de hojarasca y rastrojo que se deja en el suelo, reduce la erosión de éste, aumenta la conservación de la humedad y agrega materia orgánica, factores muy importantes para la conservación de los recursos naturales. Sin embargo, ello requiere modificación en las rotaciones de los cultivos para evitar la acumulación de enfermedades e insectos que encuentran en los residuos de las cosechas un medio favorable para sobrevivir y multiplicarse.

¿Qué podemos esperar de la biotecnología?

En los últimos 20 años, la biotecnología basada en la recombinación del ADN, ha desarrollado nuevas metodologías científicas y productos inapreciables en alimentación y agricultura. Este viaje más profundo dentro del genoma, a nivel molecular, es la continuación de nuestro entendimiento progresivo de la obra de la naturaleza. La nueva biotecnología permite el cruzamiento (hibridación) entre géneros, familias, órdenes o reinos taxonómicamente diferentes. Los métodos de recombinación de ADN han permitido a los fitomejo-

radores seleccionar y transferir genes solos, lo cual no solo ha reducido el tiempo necesario para eliminar los genes indeseables mediante el mejoramiento convencional, sino que también ha permitido a los fitomejoradores tener acceso a genes útiles de otros grupos taxonómicos. Hasta ahora, estas alteraciones genéticas han conferido beneficios para los productores, tales como resistencia a los insectos plaga, enfermedades y herbicidas. Otros beneficios que probablemente provengan de la biotecnología y la hibridación de plantas son variedades con mayor tolerancia a las sequías, al anegamiento, al calor y al frío, atributos importantes dadas las predicciones actuales del cambio climático. Además, muchos beneficios para los consumidores, tales como mejoras nutricionales y otras características relacionadas con la salud, probablemente se logren en los próximos 10 a 20 años.

A pesar de la tremenda oposición en ciertos círculos a los cultivos transgénicos, la adopción comercial de las nuevas variedades por parte de los agricultores constituye uno de los casos de difusión de la tecnología más rápidos en la historia de la agricultura. Entre 1996 y 2001, el área plantada comercialmente con cultivos transgénicos ha aumentado 30 veces (Cuadro 10). ISAAA informa que en 2001, 52,6 millones de hectáreas fueron plantadas con cultivos transgénicos en 13 países y cultivadas por 5,5 millones de agricultores, en comparación con sólo 1,7 millones de hectáreas en 1996 (James 2002). Durante este período, la tolerancia a los herbicidas ha sido la característica dominante, y representa el 77% del área. Una cuarta parte del área con cultivos transgénicos en el mundo se encuentra en los países en desarrollo, el mayor porcentaje de crecimiento de año a año en China entre el 2000 y el 2001, donde la extensión con algodón Bt se triplicó de 0,5 a 1,5 millones de hectáreas.

Cuadro 10. Cobertura de cultivos transgénicos, 2001.

	Extensión (millones ha)	Cultivos	Millones ha
Estados Unidos	35,7	Soya	33,3
Argentina	11,8	Maíz	9,8
Canadá	3,2	Algodón	6,8
China	1,5	Canola	2,7
Otros	0,4		52,6
Totales	52,6		

Fuente: Clive James, 2002. ISAAA Informe No. 24.

La mayoría de los cultivos transgénicos utilizados hasta ahora reducen los costos de producción por unidad de producto y, por ende, en teoría, son especialmente adecuados para el mundo en desarrollo, donde más de la mitad de la población todavía se dedica a la agricultura y donde las tecnologías que reducen costos y aumentan los rendimientos son la clave para disminuir la pobreza. En Africa del Sur, por ejemplo, los pequeños agricultores en la zona de planicies de Makhathini que han adoptado el algodón Bt (*Bacillus thuringiensis*), han aumentado su producción en un 26% en promedio, han reducido la aplicación de insecticidas de siete a una y han aumentado sus ingresos en \$165 por ha (Monsanto Communications 2002). Además, puesto que la biotecnología está empacada en la semilla, los cultivos transgénicos pueden ayudar a simplificar la entrega de insumos, a menudo un importante cuello de botella para llegar a los pequeños agricultores.

Hay varios adelantos que la ingeniería genética podría aplicar a los cereales y que podrían traer enormes beneficios, especialmente a los productores y consumidores pobres. Uno tiene que ver con la resistencia a las enfermedades y otros dos con la calidad de los granos.

Entre todos los cereales, el arroz es único que tiene inmunidad al tizón (*Puccinia* spp.). A todos los demás cereales (trigo, maíz, sorgo, cebada, avena y centeno), los atacan dos o tres especies de tizón, que a menudo ocasionan epidemias desastrosas y fracasos en los cultivos. En los últimos 80 años, se han realizado grandes esfuerzos para lograr variedades de trigo resistentes a especies de tizón amarillo, del tallo y hojas. Después de muchos años de cruzamiento y selección intensiva, y de pruebas internacionales en múltiples regiones, en 1952 se identificó un tipo de resistencia buena y estable al tizón de tallo, pero mal entendida aún, la cual continúa siendo eficaz en todo el mundo. Sin embargo, no se ha obtenido esta clase de éxito con la resistencia al tizón de hoja o al amarillo, donde la resistencia genética en cualquier variedad ha durado poco (3-7 años). Imagínense los beneficios para la humanidad si los genes para la inmunidad contra el tizón del arroz pudieran transferirse al trigo, la cebada, la avena, el maíz, el millo y el sorgo. Finalmente, el mundo podría liberarse del flagelo de todas las modalidades de tizón que han conducido a tantas hambrunas en la historia de la humanidad.

En otro frente, el trigo para el pan tiene una pasta superior para hacer pan con levadura y otros productos de repostería por la presencia de dos proteínas (gliadina y gluten). Ningún otro cereal tiene esta com-

binación. Imagínense, si los genes para estas proteínas pudieran identificarse y transferirse a los otros cereales, especialmente al arroz y al maíz, de modo que de éstos también se pudiera preparar pan de buena calidad sin levadura. Esto ayudaría a muchos países y, especialmente, a los países tropicales en desarrollo, donde la harina de trigo para el pan es a menudo el alimento importado más importante.

Finalmente, también es importante mencionar el potencial creciente de la ciencia para mejorar la calidad nutricional de nuestro suministro de alimentos. El desarrollo de variedades e híbridos de maíz con proteína de alta calidad y con alto contenido de lisina y triptófano mediante métodos de fitomejoramiento convencionales requirió casi dos decenios de investigación laboriosa. En el futuro, usando la biotecnología, podríamos lograr mejoras adicionales en la calidad nutricional de los cereales y otros alimentos a un ritmo más acelerado. Recientemente, la transferencia de genes para aumentar la cantidad de vitamina A, hierro y otros micronutrientes contenidos en el arroz, podría potencialmente traer beneficios significativos para millones de personas con deficiencias de estos elementos, cuya carencia causa ceguera y anemia, respectivamente.

Más allá de los beneficios en la producción de alimentos para humanos y animales, así como de fibra que puedan llegar a alcanzarse mediante los productos biotecnológicos, la posibilidad de que las plantas realmente puedan usarse para vacunar a las personas contra enfermedades (p. ej., virus de la hepatitis B o la enfermedad de Norwalk que provoca diarrea) simplemente cultivándolas y comiéndolas, ofrece enormes posibilidades en los países pobres (ACSH 2000). Esta línea de investigación y desarrollo debe proseguirse con ahínco, probablemente mediante sociedades público-privadas, dado que los programas tradicionales de vacunación son costosos y difíciles de ejecutar.

Hasta la fecha, no hay información científica confiable para sustentar que los cultivos transgénicos son inherentemente peligrosos. El ADN recombinado se ha usado durante 25 años en productos farmacéuticos sin casos documentados de daños atribuibles al proceso de modificación genética. Hasta ahora, también este es el caso de alimentos modificados genéticamente. La industria de semillas ha estado haciendo un buen trabajo en garantizar que sus variedades de cultivos transgénicos sean seguras para plantar y que los alimentos que producen sean seguros para comer.

La mayoría de los agrónomos anticipa grandes beneficios del uso de la biotecnología en los próximos decenios. Sin embargo, probablemente se necesitarán nuevas formas de colaboración pública y privada para asegurar que todos los agricultores y los consumidores del mundo tengan la oportunidad de beneficiarse con esta nueva revolución genética. En particular, se necesitará investigación biotecnológica pública para contrapesar, y complementar, las inversiones del sector privado en investigación. Esto es cierto tanto para los países industrializados como para el mundo en desarrollo.

Actualmente hay una urgente necesidad de que las naciones en desarrollo fijen marcos reguladores para guiar el desarrollo, la experimentación y el uso de los cultivos transgénicos, con el propósito de proteger a las personas y al ambiente. En este proceso legal, los derechos de propiedad intelectual de las compañías privadas deben salvaguardarse para garantizar un rendimiento justo sobre la inversión pasada y para estimular mayor inversión en el futuro. Además, los marcos reguladores no deben ser demasiado burocráticos y no deben tener expectativas irracionales de aversión al riesgo. De hecho, creemos que a la industria de las semillas debe dársele la responsabilidad primaria de velar por la seguridad de sus productos.

Hoy, en los países industrializados, las inversiones en el sector privado son el principal impulsor de la investigación y el desarrollo agrícola. Se nos ha dicho que la forma más rápida de llevar una nueva tecnología a la gente pobre es “acelerar el ciclo del producto” de modo que la tecnología pueda difundirse rápidamente, primero entre los ricos y luego entre los pobres. Aunque esta dinámica de difusión pudiera ser realmente lo que se necesita, creemos que las compañías privadas de biología necesitan establecer precios concesionarios en los países de bajos ingresos, de modo que los agricultores pobres puedan beneficiarse también de los nuevos productos transgénicos.

Además, consideramos que las grandes compañías transnacionales deben compartir sus conocimientos con las instituciones de investigación públicas y los científicos preocupados por la agricultura a pequeña escala y formar sociedades para trabajar con cultivos y problemas agronómicos que actualmente no son de interés prioritario en los principales mercados transnacionales. Nos complace ver que las compañías biotecnológicas privadas se están mostrando muy dispuestas a formar estas sociedades. Monsanto ha sido líder en el establecimiento de iniciativas en países en

desarrollo para la cooperación en productos agrícolas y tecnología. Syngenta está haciendo algo similar, al crear sociedades con centros de investigación agrícola nacionales e internacionales, para abordar los problemas de la producción en África y otros lugares. El Centro Científico de Plantas Donald Danforth en San Luis, Missouri (fundado conjuntamente en 1998 por Monsanto y un consorcio de universidades, institutos públicos de investigación y fundaciones privadas), es una obra particularmente estimulante, dado su fuerte orientación hacia el Tercer Mundo, en su agenda de investigación y en los programas de capacitación.

Conclusiones

El contragolpe actual contra las ciencias agrícolas y la tecnología, evidente en algunos países industrializados nos resulta difícil de entender. ¿Cuán rápido se aparta la humanidad del suelo y la producción agrícola! Menos del 4% de la población en los países industrializados (aproximadamente un 2% en Estados Unidos) está directamente dedicada a la agricultura. Con un prejuicio muy urbano de suministros de alimentos a bajo costo, resulta poco sorprendente que los consumidores no entiendan las complejidades de volver a producir para abastecer de alimentos al mundo cada año y de incrementar la producción para las casi 80 millones de nuevas bocas que nacen anualmente. Podemos ayudar a abordar esta “brecha educativa” en las naciones urbanas haciendo obligatorio en las escuelas secundarias y universidades que los estudiantes tomen cursos sobre biología y sobre políticas en ciencia y tecnología.

Conforme se ha acelerado el ritmo del cambio tecnológico en los últimos 50 años, el miedo a la ciencia ha crecido. Ciertamente, la ruptura del átomo y las perspectivas de un holocausto nuclear aumentaron el miedo de las personas y ayudaron a acrecentar la brecha entre el científico y el hombre común. El libro *Silent Spring* (Primavera Silenciosa) de Rachel Carson, publicado en 1962, que señalaba que por todas partes había veneno, también tocó los nervios. Por supuesto, esta percepción no era del todo infundada. Para mediados del siglo XX, la calidad del aire y del agua se había deteriorado seriamente por los sistemas de desecho de la producción industrial que lanzaban efluentes a menudo, literalmente *en nuestros propios patios*.

Todos tenemos una deuda de gratitud con el movimiento ecologista en las naciones industrializadas, el cual ha logrado la creación de leyes en los últimos 30

años para mejorar la calidad del aire y del agua, proteger la vida silvestre, controlar la eliminación de desechos tóxicos, proteger los suelos y reducir la pérdida de biodiversidad. Sin embargo, también concordamos con el escritor ambientalista Gregg Easterbrook, quien argumenta en su libro, *“A Moment on the Earth”*, que en el mundo occidental, la edad de la contaminación casi termina... Aparte de las armas, la tecnología no se está volviendo más peligrosa y derrochadora con desperdicio, sino más limpia y más eficiente en recursos. La tecnología limpia será la sucesora de la alta tecnología.

Sin embargo, Easterbrook continúa y advierte que las tendencias son tan positivas en el Primer Mundo como negativas en el Tercer Mundo. Una razón por la cual Occidente debe sacudirse de su pensamiento de fin del mundo en un instante, respecto a Estados Unidos y Europa Occidental, es para que los recursos puedan desviarse hacia la protección ecológica en el mundo en desarrollo”. Estos incluyen agua limpia y sistemas sanitarios para los asentamientos humanos y la conservación del suelo y del agua.

Más recientemente, Bjorn Lomborg, en su nuevo libro, *“The Skeptical Environmentalist”*, brinda una fuerte crítica del modo en el cual muchas organizaciones ambientalistas extremistas distorsionan la evidencia científica. Lomborg concluye, con base en su investigación, respaldada por más de 2 900 citas que permiten al lector revisar las fuentes por sí mismo, que con relación al ambiente hay más razones para ser optimistas que pesimistas y subraya la necesidad de priorizar con mente despejada los recursos para confrontar problemas reales y no imaginarios en el futuro (Lomborg 2001).

En sus escritos, el profesor Robert Paarlberg de Wellesley Collage y Harvard University en Estados Unidos sonó la alarma hace casi una década con respecto al punto muerto entre los agricultores y los ecologistas, sobre lo que significa agricultura sostenible en el Tercer Mundo. Este debate ha confundido, sino paralizado, a muchos en la comunidad internacional de donantes, quienes temerosos de antagonizar a los poderosos grupos ambientalistas que cabildean, han retirado su apoyo a los proyectos de modernización agrícola basados en las ciencia, todavía tan necesarios en gran parte de los minifundios de Asia, el Sub Sahara de Africa y América Latina.

La brecha entre agricultores y ambientalistas debe romperse. No debemos perder de vista el enorme trabajo ante nosotros de alimentar a las futuras generaciones, el 90% de las cuales comenzará su vida en un país en desarrollo y muchos en la pobreza. Solo mediante el desarrollo agrícola dinámico habrá esperanza de aliviar la pobreza y mejorar la salud humana y la productividad y de reducir la inestabilidad política.

El mundo tiene la tecnología, ya sea disponible actualmente o en un estado muy avanzado, en la cartera de investigación, para alimentar en una base sostenible una población de 10 mil millones de personas que se proyecta habitarán en este planeta para finales del siglo XXI. Las preguntas más pertinentes son: ¿Se permitirá a los agricultores el acceso a una corriente constante de nuevas tecnologías necesarias para abordar los retos agrícolas, alimentarios y nutritivos por venir? y ¿ El flagelo de la pobreza podrá continuar siendo aminorado de modo que a un número cada vez mayor de habitantes del mundo se les garanticen las necesidades nutricionales mínimas para su salud y desarrollo humano?

Literatura citada

- American Council on Science and Health (ACSH). 2000. *Biotechnology and Food*. 2. ed. New York.
- Easterbrook, G. 1996. *A Moment on the Earth*. London, Penguin Books.
- James, C. 2002. *Global Review of Commercialized Transgenic Crops: 2001*. International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications (ISAAA). Brief No. 24. ISAAA Southeast Asia Center, Los Baños, The Philippines.
- Khush, GS. 1995. Modern varieties—their real contribution to food supply and equity. *Geojournal* 35(3): 275-284.
- Lomborg, B. 2001. *The Skeptical Environmentalist*. Cambridge University Press.
- Mujeeb-Kazi, A; Hettel, GP. Ed. 1995. *Utilizing Wild Grass Biodiversity in Wheat Improvement—15 Years of Research in Mexico for Global Wheat Improvement*. Wheat Special Report No. 29. Mexico, CIMMYT.
- Pinstrup-Andersen; Pandya-Lorch, R. Eds. 2000. *Unfinished Agenda: Perspectives on Overcoming Hunger, Poverty, and Environmental Degradation*. Washington DC, IFPRI.
- Rajaram, S; Borlaug, NE. 1997. *Approaches to Breeding for Wide Adaption, Yield Potential, Rust Resistance and Drought Tolerance*. In *Simposio Internacional de Trigo* (1, 1997, Ciudad Obregón, México).
- Smil, V. 1999. *Long-Range Perspectives on Inorganic Fertilizers in Global Agriculture*. Travis P. Hignett Memorial Lecture, IFDC, Muscle Shoals, Alabama
- World Meteorological Organization. 1997. *Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World*.

FORO

Aprendizaje de agricultores vinculado con procesos ecológicos para un mejor manejo de plagas: retos para el CATIE y sus socios¹

Charles Staver²

RESUMEN. Los agricultores de América Central manejan sus cultivos y las plagas asociadas a éstos en un contexto de gran incertidumbre. Los huracanes, las sequías y aún la variabilidad meteorológica normal afecta el desarrollo de los cultivos, las prácticas de manejo y las dinámicas de la red alimenticia. En los últimos decenios han surgido nuevas plagas, y otras existentes han sido favorecidas por los cambios en las prácticas de manejo. El uso constante de plaguicidas ha provocado el surgimiento de plagas secundarias y el desarrollo de resistencia por parte de éstas a plaguicidas. Durante este mismo período, los precios de los productos agrícolas han fluctuado enormemente, a la vez que los nichos del mercado se han diversificado. Ante esta situación, surge el cuestionamiento: ¿Qué le han ofrecido las instituciones de investigación y desarrollo a las familias rurales para enfrentar este panorama? Se han identificado cuatro enfoques: a) *paquetes tecnológicos de insumos comprados*: variedades, fertilizantes y plaguicidas, en paquetes tendientes a lograr el mejor comportamiento promedio para suprimir la variabilidad; b) *paquetes tecnológicos de insumos comprados y basados en mejor información*: dominios de recomendación y de manejo integrado de plagas dirigidos a variedades, fertilizantes y plaguicidas específicos, como parte de un paquete tecnológico diseñado para zonas con características comunes; c) *uso de recursos locales para la sustitución de insumos externos*: uso de abonos orgánicos, conservación de suelos y extractos botánicos, para reducir los costos por compra de insumos; y d) *aprovechamiento planificado de los procesos ecológicos*: conceptos de red alimenticia, ciclos de nutrimentos y manejo de hábitat adaptados a las condiciones locales, para el diseño de sistemas de cultivos y fincas para mejorar el manejo de plagas y la eficiencia en el uso de nutrimentos. En el contexto de la agricultura de América Central, estos enfoques deben interpretarse como puntos progresivos en la curva de aprendizaje sobre el manejo de la complejidad, y no como enfoques contradictorios. Se requieren más y mejores insumos, así como más y mejor información, y es muy importante aprovechar la tecnología que emplea los recursos locales pero, sobre todo las familias y comunidades rurales tienen que innovar, basados en los conocimientos que van adquiriendo sobre los procesos ecológicos. El programa de MIP y Agroforestería en Nicaragua, ejecutado por CATIE con financiamiento de NORAD, se ha aliado con organizaciones locales y nacionales para fortalecer la capacidad nacional para la implementación participativa con bases ecológicas de MIP y agroforestería. Este programa ha desarrollado métodos para vincular la agenda de capacitación e investigación, con la capacidad de las familias productoras para aprovechar sistemáticamente los procesos ecológicos en sus sistemas de cultivos y fincas. Este trabajo piloto en Nicaragua, desarrollado durante el último decenio, sugiere un papel clave para el CATIE en América Central, como enlace de alianzas internacionales de investigación estratégica con redes de campo para el aprendizaje del manejo de la variabilidad ecológica.

Palabras clave: Manejo integrado de plagas, América Central, Agroecología, Revolución verde, Extensión agrícola, Nicaragua.

ABSTRACT. *Farmer learning linked to ecological processes for better pest management: challenges to CATIE and its partners.* Farm households in Central America make crop and pest management decisions under extreme uncertainty. Hurricanes, droughts, and even normal weather variability affect crop growth, cropping practices, and food web dynamics. In recent decades new pests have been introduced and certain existing pests has been favored by changes in cropping practices. Routine pesticide use has created secondary pests and resistance. Over the same time period prices for agricultural products have fluctuated wildly, but markets have also diversified into niche products which were unknown a decade ago. What has science and development

¹ Presentado en la Conferencia Científica Henry A. Wallace "Globalización de la Investigación Agrícola (2002, Turrialba, Costa Rica).

² NORAD/CATIE. Programa para el ejercicio participativo del MIP basado en ecología y agroforestería del café Managua, Nicaragua. cstaver@catie.ac.cr

offered to farmers in these conditions? Four approaches can be identified: a) *input assembly approach*: standard varieties and agrochemical inputs with best average performance to override variability; b) *input assembly with better information*: recommendation domains and IPM to slot standard varieties and agrochemical inputs to broad site differences; c) *local resources for input substitution*: organic manures, soil conservation, and botanical brews to reduce costs of inputs; d) *harnessing ecological processes* – concepts of food web, nutrient cycles, and habitat management applied locally for farmer design of cropping and farming systems for pest suppression and nutrient efficiency. In the context of Central American agriculture, these alternative models may be viewed as successive points on a learning curve for the management of complexity in agriculture rather than contradictory approaches. There is a need for more and improved inputs and more and better information; there is a need to find local applications of technology; and above all, there is a need to equip farm families and rural communities to innovate based on their increasing knowledge of ecological processes. CATIE's IPM and agroforestry program in Nicaragua funded by NORAD has partnered with local and national institutions to strengthen national capacity to implement ecologically-based participatory IPM and coffee agroforestry. This program has been developing working methods to reorient training and research to farm family capacity to harness ecological processes in their farming practices. The pilot work in Nicaragua over the past decade suggests a pivotal role for CATIE in Central America in the articulation of international alliances for improved strategic research with field-based learning networks for the management of ecological variability.

Key words: Integrated pest management, Central American agriculture, Agroecology, Green Revolution, Agricultural extension, Nicaragua.

La perspectiva desde el punto de vista de los agricultores y sus fincas: variabilidad e incertidumbre

Las familias agrícolas y las comunidades rurales en América Central enfrentan una fuerte variabilidad e incertidumbre en sus decisiones sobre la producción. En los últimos decenios, los huracanes Mitch, Juana, Gilberto y otros azotaron nuestros países. Aunque las sequías no reciben nombre, no causan derrumbes ni destruyen caminos y puentes, erosionan el bienestar de las familias rurales por períodos más largos. Estos fenómenos extremos tan destructivos reciben mucha atención en los planes gubernamentales y en la prensa.

También hay variabilidad climática menos dramática que acompaña a las familias en las fincas, año tras año. Esta variabilidad se manifiesta claramente en el patrón de lluvias de los últimos nueve años en los cerros, a las afueras de Managua (Cuadro 1). La precipitación total anual para esa zona varió de 700 a más de 1700 mm. En ningún año se registró un valor de precipitación semejante al promedio para la zona. El año del Huracán Mitch (1998) no fue el año más lluvioso. Para junio, el primer mes lluvioso, la precipitación varió de 70 a 380 mm. Esta variabilidad en la lluvia afecta las prácticas agronómicas, el vigor del cultivo y la dinámica de la red alimenticia, incluyendo a las plagas. En 1995, agosto fue el mes más lluvioso. Octubre es considerado el mes más lluvioso; sin embargo,

el registro muestra que solo en 5 de los 9 años se cumplió esto. El año 1998 ilustra el problema de la variabilidad. De junio a agosto, los agricultores experimentaron sequías y durante setiembre y octubre los huracanes causaron un exceso de lluvias. Para las familias dedicadas a la agricultura, esta variabilidad en el clima los obliga a tomar decisiones sobre el manejo de cultivos y de plagas bajo condiciones de extrema incertidumbre. ¿Cuándo comenzarán las lluvias? ¿Cuándo acabarán? ¿Interrumpirá un huracán la sequía? ¿Cómo diseño mi estrategia de manejo de plagas para un exceso y escasez de lluvia a la vez?

Otros factores climáticos también afectan la agricultura en América Central: las heladas en Brasil afectan el precio del café, y las heladas en el norte de México y el sur de Florida afectan los precios de las hortalizas de exportación.

La variabilidad se manifiesta en otras dimensiones, además del clima o el tiempo. En décadas recientes, nuevas plagas han ingresado al istmo. La broca del café (*Hypothenemus hampei*) ingresó a Guatemala en 1971 y en el 2001 llegó a Costa Rica. En este momento, solo Panamá está libre de broca. La roya del café (*Hemileia vastatrix*) apareció por primera vez en Nicaragua en 1978 y para 1983 había llegado a todas las regiones cafetaleras de América Central y México. Las familias agrícolas han tenido que aprender a manejar estas nuevas plagas bajo condiciones de variabilidad climática.

Cuadro 1. Variabilidad de los promedios de lluvia anual y de tres meses selectos, en Serranía, Managua, Nicaragua. 1992-2000.

	Lluvia (mm)			
	Total anual	Junio	Agosto	Octubre
1992	682	171	29	116
1993	1492	204	186	86
1994	926	79	87	146
1995	1706	185	474	311
1996	1453	187	178	490
1997	829	386	88	104
1998	1549	67	116	654
1999	1248	183	82	283
2000	1268	120	108	328
Promedio	1239	176	150	280

El cambio tecnológico ha favorecido el incremento de ciertas plagas existentes. En muchas zonas cafetaleras se redujo o eliminó la sombra para lograr mayores rendimientos. En condiciones de poca sombra, el manejo de la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*), de nematodos y arvenses o malezas es difícil aún con el uso de mayor cantidad de fertilizantes y plaguicidas.

En cultivos anuales, se ha intensificado el uso de la tierra y la producción se ha especializado en monocultivos. Las fincas son más pequeñas. Más tierra está bajo riego. Todos estos cambios contribuyen al traslape o transferencia de plagas de un ciclo al siguiente y a la propagación de las plagas de una plantación a otra. Las plagas como la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) pasan del frijol al tomate, de éstos al melón y de nuevo al frijol durante el año en ciclos traslapados. Los patógenos de maíz y frijol sobreviven en los residuos de cosecha cuando el período de rotación es corto.

Las nuevas variedades son tolerantes a ciertas plagas, pero a veces son más susceptibles a otras. Las variedades derivadas de las líneas de Catimor son tolerantes a la roya, pero han mostrado mayor susceptibilidad al ojo de gallo (*Mycena citricolor*) y al minador (*Leucoptera coffeella*). Las variedades de frijol de la familia DOR son tolerantes al mosaico dorado (BGMV) y común (BCMV), transmitidos por la mosca blanca y áfidos, pero son más susceptibles al mosaico severo (BSMV) y amanchamiento (CCMV), transmitidos por diversos crisomélidos.

Para las familias rurales, estas nuevas tecnologías, que supuestamente mejoran los rendimientos, redu-

cen los costos o simplifican la producción, provocan cambios inesperados que contribuyen a la variabilidad e incertidumbre de la producción agrícola. En este sentido, el uso de plaguicidas ha ocasionado brotes inesperados de plagas.

Un aspecto adicional de variabilidad para las comunidades rurales ha sido el precio de los productos agrícolas. Un ejemplo es el precio del café a nivel internacional, el cual desde finales del decenio de los 80 y hasta el 2000, en dos ocasiones, ha bajado a US\$50 por saco o menos, pero también ha subido a más de \$150 (Fig. 1). Los precios de las hortalizas en los mercados locales también son volátiles en períodos aún más cortos, en gran parte debido a lluvias o sequías fuera de temporada.

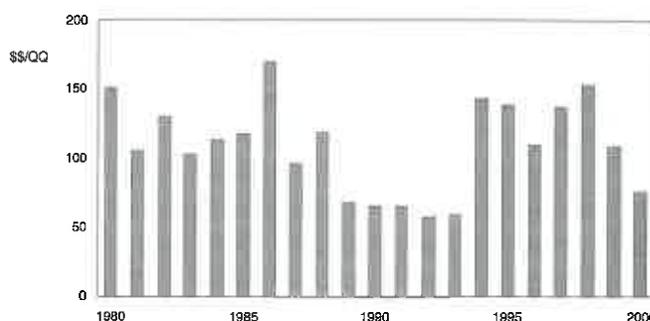


Figura 1. Fluctuación en el precio de café a nivel internacional de 1980 al 2000.

Al mismo tiempo, el mercado se ha diversificado a productos destinados a nichos específicos, que hasta hace un decenio se desconocían: gourmet, orgánico, comercio justo y amigable con las aves. Esto pareciera ser una dimensión favorable de la variabilidad, en comparación con el clima, la introducción de nuevas plagas y el cambio tecnológico. Sin embargo, aquellos agricultores cuyos productos no califican para esos mercados especializados o que no cuentan con los contactos que les permitan llegar a esos mercados, pueden comenzar a sentirse amenazados.

Estos elementos regionales de variabilidad e incertidumbre también tienen una dimensión local. Las diferencias en suelos, uso de la tierra aledaña, grado de pendiente, exposición, edad de las plantas de café y prácticas de manejo recientes, pueden contribuir a aumentar la variabilidad en los problemas de plagas (Cuadro 2). Estos caficultores vecinos tienen niveles de roya que varían de 3 a 11%, niveles de ojo de gallo entre 2 y 9% e infestaciones de broca entre 0 y 8%.

Cuadro 2. Variabilidad de la incidencia de tres plagas en hojas o frutos de café en seis plantaciones vecinas, en julio de 1997. Santo Domingo, San Juan de Río Coco, Nicaragua.

Plaga	Plantación					
	% de incidencia en hojas o frutos en 50 bandolas/plantación					
	1	2	3	4	5	6
Roya	9,6	11,5	3,2	4,8	11,1	7,4
Mancha de hierro	4,5	9,2	6,0	3,2	2,1	6,7
Broca	1,3	0,7	0,2	0,0	0,6	7,9

Fuente: Datos registrados por productores y presentados en encuentro bimensual.

Un manejo similar de las plantaciones no sería adecuado, dada esta gran variabilidad en los niveles de plagas. Incluso dentro de las plantaciones mismas, los niveles de las plagas pueden variar en respuesta a la vegetación de los bordes o linderos, el suelo, el vigor del cultivo y, en el caso del café, de los niveles de sombra. Esta heterogeneidad dentro de las plantaciones puede variar de un año seco a uno lluvioso, lo cual crea incertidumbre sobre las posibles estrategias de manejo del cultivo.

En resumen, la variabilidad en el clima, en los niveles de plagas y en los mercados constituyen un reto para las familias dedicadas a la agricultura y para las comunidades rurales. Esta variabilidad crea una enorme incertidumbre y riesgos para la planificación de la producción y manejo de los cultivos durante el ciclo de producción.

¿Qué han ofrecido los institutos de investigación y los proyectos de desarrollo a las comunidades agrícolas, frente a esta incertidumbre y variabilidad?

Durante una gran parte de la historia de la humanidad, los agricultores han hecho su propia investigación. Las comunidades rurales domesticaron todos nuestros cultivos. Descubrieron los beneficios de las leguminosas y diseñaron rotaciones y asociaciones de cultivos. También llevaron cultivos de un continente a otro. Fue hasta mediados del siglo XIX, en los países de clima templado y desde 1940 en las regiones tropicales, que los gobiernos, universidades y científicos comenzaron a utilizar la investigación para mejorar la agricultura, en particular con el desarrollo de insumos externos a las fincas, fabricados mediante procesos industriales (Staver 2001).

¿Qué han ofrecido los científicos y los proyectos de desarrollo a las comunidades agrícolas que se en-

frentan a la variabilidad e incertidumbre? Se han identificado cuatro enfoques, los cuales se describen a continuación:

- **Paquete de insumos comprados – variedades uniformes e insumos sintéticos.** Los fitomejoradores desarrollaron variedades uniformes, con la capacidad de responder a los nutrientes aportados mediante fertilizantes. Estas variedades se evaluaron con diferentes paquetes de insumos con el propósito de identificar el mejor rendimiento promedio: un intento por suprimir la variabilidad en las condiciones meteorológicas. Se esperaba que los agricultores aplicaran las mismas prácticas año tras año con una tendencia a los monocultivos. El manejo de plagas se basaba en el uso calendarizado de plaguicidas. Este enfoque aumentó el rendimiento de los cultivos en los ambientes más favorables; sin embargo, los brotes de plagas se hicieron cada vez más comunes. Los fitomejoradores sintieron que estaban en una carrera para mantener la resistencia de los cultivos a las plagas. Los rendimientos a nivel nacional solo mostraron aumentos modestos, indicando que la mayoría de los agricultores no logró aumentos importantes en el rendimiento de sus cultivos. Por ejemplo, los rendimientos de frijol en Nicaragua no han aumentado en los últimos 30 años, y los de maíz aumentaron un poco, antes de bajar nuevamente (Fig. 2).
- **Paquetes de insumos comprados, basados, en mejor información – dominios de recomendación y MIP.** Para mejorar la eficiencia del uso de insumos y reducir el costo de estos paquetes para los agricultores, se establecieron dominios de recomendación basados en diferencias generales en suelo y clima. En cada dominio se aplicaron pa-

quetos específicos de variedades e insumos agroquímicos uniformes. En el caso del manejo de plagas, se desarrollaron umbrales económicos con el objetivo de que las aplicaciones de plaguicidas se realicen cuando la población de plagas alcanzaba cierto nivel. Estos enfoques llegaron a más agricultores, pero la adopción siguió siendo mayor entre aquellos que tenían más educación y capital (Jamison y Lau 1982).

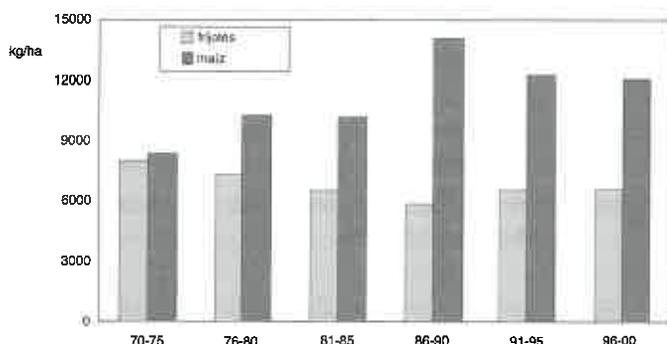


Figura 2. Rendimientos de maíz y frijol de 1970 al 2000, en promedios para quinquenios sucesivos (Fuente: FAOSTAT Statistics Database Agriculture. <http://apps.fao.org/cgi-bin/nph-db.pl?subset=agriculture>)

Muy pocos agricultores en América Central, aún en áreas marginales, no han estado expuestos a programas que promueven el uso de semillas mejoradas, fertilizantes y plaguicidas. Sin embargo, actualmente su uso continúa siendo errático. En 1998, una encuesta del Banco Central de Nicaragua demostró que en ese país solo el 24% de los agricultores que siembran maíz utilizaban semillas mejoradas y, en el caso de frijol, únicamente el 37%. En lo que respecta a fertilizantes, el 35% de los agricultores los aplicaban en maíz y el 29% en frijol. Del paquete de insumos, los plaguicidas fueron los más utilizados, pues el 54% de los agricultores los usó en maíz y el 66% en frijol. (Cuadro 3). En el caso de granos básicos, los agricultores que enfrentan variabilidad en el clima utilizan plaguicidas baratos, tales como metamidofós, metomil y paraquat. Este intento de reducir el riesgo económico se convierte en un riesgo de otro tipo: el envenenamiento. En la producción de estos cultivos ocurren el 27% de los envenenamientos por estas sustancias y del 30% de las intoxicaciones por plaguicidas en niños (Corriols 2001).

Por otra parte, muchas de las tecnologías MIP sencillas, desarrolladas por científicos no son muy utilizadas. Un estudio reciente en Nicaragua, con 1200 familias rurales, determinó que solo el 3,3% de los agricultores utilizó el recuento (Patrick Dumazert, 2002, inédito).

- **Recursos locales para la sustitución de insumos y reducción de costos.** En respuesta a los problemas para mantener el modelo propuesto, basado en insumos comprados, las comunidades rurales comenzaron a recuperar la tecnología tradicional y buscar sustitutos basados en recursos locales, tales como abonos verdes, plaguicidas y repelentes botánicos y conservación del suelo. Al inicio, los programas de ciencia y tecnología estaban escépticos con este enfoque, pero con el tiempo comenzaron a hacer investigación para validarlo e incorporar estas técnicas en los programas de capacitación. El uso de este tipo de técnicas ha ido extendiéndose, pero un estudio reciente en Nicaragua con 1000 familias de agricultores, mostró que solo el 4% usaba insecticidas botánicos (Patrick Dumazert, 2002, inédito). Con este enfoque es probable el resurgimiento de plagas secundarias, porque todavía los plaguicidas y otros productos agroquímicos siguen siendo el modelo prevaleciente. Los agricultores lamentan la falta de herbicidas “caseros” que funcionen tan bien como el paraquat. Tanto científicos como agricultores han prestado poca atención a los efectos de los plaguicidas botánicos sobre la fauna benéfica y la salud humana. Esta fue la respuesta inicial a los plaguicidas comerciales, en los decenios de los 40 y 50.

Cuadro 3. Uso de insumos para la producción de granos básicos en Nicaragua, durante el primer ciclo de siembra de 1998.

	Porcentaje de productores a nivel nacional (mínimo y máximo entre departamentos)	
	Maíz	Frijol
Semilla mejorada	24 (4-36)	37 (0-84)
Fertilizantes químicos	35 (6-74)	29 (0-78)
Plaguicidas sintéticos	54 (13-71)	66 (23-100)

Fuente: Encuesta del Banco Central de Nicaragua.

- **Incorporación de procesos ecológicos en el diseño de sistemas de cultivos para condiciones locales.** Con este enfoque, los agricultores aprenden sobre procesos ecológicos, tales como la red alimenticia, ciclos de nutrientes y manejo de hábitat e incorporan estos conceptos a los sistemas de cultivo locales para lograr el control de plagas, un reciclaje de nutrientes más eficiente y cosechas más saludables. En vez de transferir tecnologías, el técnico utiliza las “escuelas de campo” y las redes de agricultores experimentadores para fortalecer las capacidades de observación, experimentación y toma de decisiones de los agricultores. Por lo tanto, el conocimiento científico se vincula con la observación y la experimentación realizada por los agricultores, para lograr sistemas adaptados a la variabilidad ecológica local, que reduzcan la incertidumbre.

Este enfoque se ha ido diseminando; sin embargo, un estudio reciente en Nicaragua con 1000 agricultores determinó que solo el 4% estaba utilizando cultivos mixtos, cultivos barrera o cultivos trampa para el manejo de plagas (Patrick Dumazert, 2002, inédito). Estudios realizados en Asia mostraron que un cambio de transferencia de tecnología al reforzamiento de razonamiento ecológico de los agricultores contribuyen a mejorar el manejo de la finca, con operaciones más oportunas, mejores registros, mayor atención a factores limitantes, y adaptación de las recomendaciones a las condiciones locales (Useem *et al.* 1992).

La curva de aprendizaje en el desarrollo agrícola: progresión de modelos

Los cuatro enfoques descritos son respaldados por diferentes escuelas de pensamiento: los de la revolución verde, los ambientalistas y los de desarrollo rural. ¿Cuál modelo es mejor para producir alimento para todos? ¿Cuál aumentará los ingresos rurales y reducirá el riesgo? ¿Cuál modelo ofrece más beneficios a las mujeres? ¿Cuál es más sostenible?

Propongo que estos enfoques no se vean como modelos alternativos o que compiten, sino más bien como puntos sucesivos en la curva de aprendizaje. (Fig. 3). Mediante los esfuerzos en el uso de insumos para mejorar la agricultura, hemos aprendido que estamos trabajando con un sistema viviente, gobernado por relaciones ecológicas. Hemos aprendido sobre la red ali-

menticia cuando la hemos interrumpido por el uso de plaguicidas, sobre el reciclaje de nutrientes cuando contaminamos las aguas del subsuelo, y sobre la rentabilidad económica cuando vemos a las familias rurales migrar hacia las ciudades.

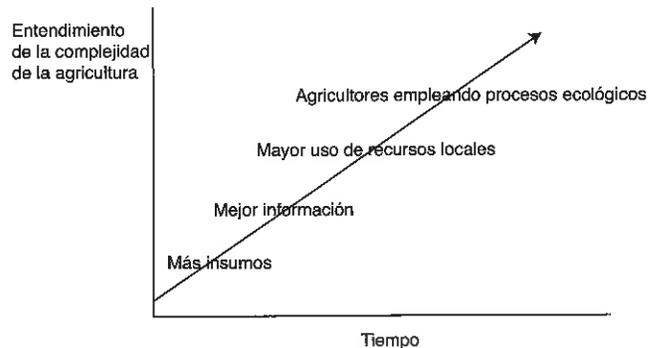


Figura 3. Curva del aprendizaje sobre la complejidad ecológica de la agricultura.

Esta curva de aprendizaje sugiere que el objetivo de los programas de ciencia y tecnología debería ser el de establecer sistemas fundamentados en este cúmulo de aprendizajes. Estos sistemas usarían más y mejores insumos e incorporarían más y mejor información. También dotarían a las familias de agricultores y a las comunidades rurales con los medios que les permitan innovar, con base en un conocimiento creciente sobre los procesos ecológicos.

La meta podría describirse como sistemas basados en el aprendizaje y la experimentación de los agricultores, sistemas que hacen uso intensivo de la información y el conocimiento y basados en tecnologías que hacen uso de insumos, fundamentados en los procesos ecológicos, que los fortalezcan en vez de sustituirlos.

Un ejemplo del aprendizaje de los agricultores, vinculado con los procesos ecológicos

En 1989, NORAD (Autoridad Noruega para el Desarrollo) financió un proyecto al CATIE en Nicaragua para lograr que el MIP fuera de mayor utilidad para las familias rurales de escasos recursos. Ahora, en su tercera fase, este proyecto (Programa Regional MIP y Agroforestería) se ha vinculado con más de 70 instituciones nacionales y locales para fortalecer la capacidad nacional para la implementación participativa con bases ecológicas de MIP en diversos cultivos. Además, el proyecto trabaja en agroforestería en el cultivo de café.

Desde su inicio en 1989, este programa ha venido desarrollando metodologías de trabajo para reorientar la capacitación e investigación en MIP para fortalecer la capacidad de las familias rurales para usar la observación, experimentación, y razonamiento ecológico en su planificación y toma de decisiones de manejo de plagas. Los elementos claves en el modelo son: un proceso participativo grupal de los agricultores, basado en la observación y experimentación por etapa de cultivo; capacitación paralela de extensionistas en ecología y métodos de aprendizaje por etapa de cultivo; grupos multi institucionales de científicos-capacitadores, con una agenda de capacitación e investigación vinculada con el manejo de la variabilidad ecológica por parte del agricultor; y planificación y monitoreo multi institucional de la capacidad para implementar el MIP. Estas se describen brevemente a continuación con un pequeño resumen del impacto del trabajo.

- Aprendizaje y experimentación grupal de agricultores por etapa de cultivo.** Los diagnósticos previos a cualquier capacitación muestran que los pequeños agricultores tienen un conocimiento específico pero parcial de los cultivos y su fauna. Han logrado cosechas bajo un amplio ámbito de situaciones meteorológicas que pueden presentarse en su localidad. A menudo han realizado numerosos experimentos por cuenta propia. Sin embargo, no comprenden bien los ciclos de vida y las relaciones tróficas y no están familiarizados, en particular, con las enfermedades y sus causas, y con frecuencia emplean prácticas de manejo de plagas a destiempo y mal dirigidas. Para fortalecer su capacidad de observación en el campo, el razonamiento ecológico y la planeación y toma de decisiones, el modelo del CATIE propone que los agricultores se reúnan en momentos claves durante el ciclo del cultivo para intercambiar sus experiencias sobre el manejo de éste y sus plagas. En la figura 4 se ilustra este proceso para el cultivo de café, el cual también puede ser aplicado a cultivos anuales.

Una rutina de aprendizaje típica comienza con un evento de diagnóstico y planificación participativa, en la cual los agricultores discuten sus prácticas y problemas de manejo del cultivo y de las plagas. Los productores junto con los extensionistas, definen un calendario de reuniones y el establecimiento de parcelas de aprendizaje para experimentar un mejor manejo del cultivo y de las plagas. En cada uno de los eventos realizados, en etapas sucesivas los agricultores discuten las prácticas y problemas de sus plantaciones y revisan los costos o inversión hasta la fecha. También discuten las alternativas que tienen para fortalecer el cultivo, posibilidades para lograr condiciones menos favorables para las plagas pero que favorezcan a los insectos benéficos, y opciones de control de plagas de manera directa. Cada evento incluye un ejercicio de campo para observar y cuantificar los problemas de plagas, el vigor del cultivo, así como y la flora y fauna benéfica y residente.

Una rutina de aprendizaje típica comienza con un evento de diagnóstico y planificación participativa, en la cual los agricultores discuten sus prácticas y problemas de manejo del cultivo y de las plagas. Los productores junto con los extensionistas, definen un calendario de reuniones y el establecimiento de parcelas de aprendizaje para experimentar un mejor manejo del cultivo y de las plagas. En cada uno de los eventos realizados, en etapas sucesivas los agricultores discuten las prácticas y problemas de sus plantaciones y revisan los costos o inversión hasta la fecha. También discuten las alternativas que tienen para fortalecer el cultivo, posibilidades para lograr condiciones menos favorables para las plagas pero que favorezcan a los insectos benéficos, y opciones de control de plagas de manera directa. Cada evento incluye un ejercicio de campo para observar y cuantificar los problemas de plagas, el vigor del cultivo, así como y la flora y fauna benéfica y residente.

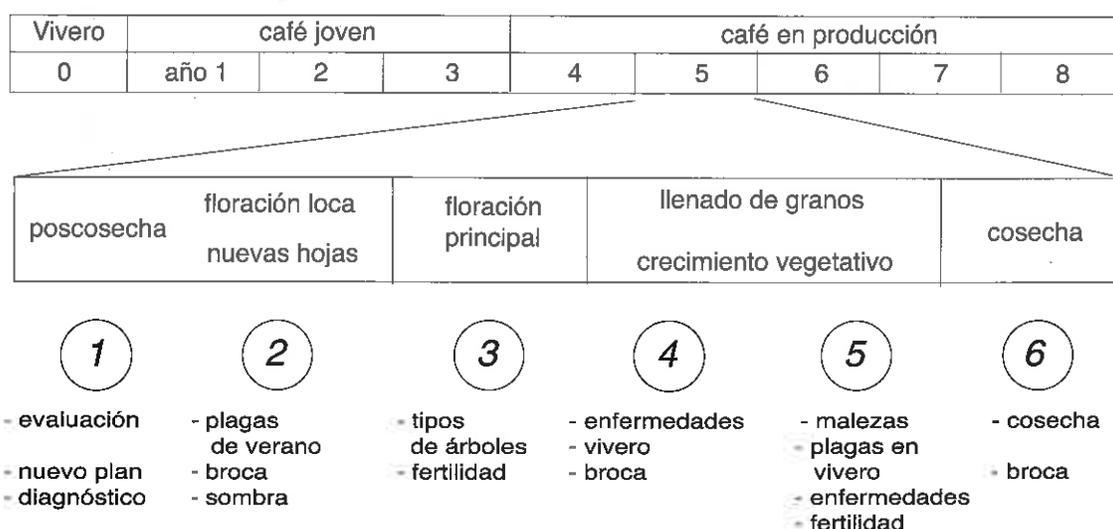


Figura 4. Aprendizaje y experimentación grupal por etapa de cultivo, enfocado a las plagas, y su manejo y decisiones relevantes para cada etapa del cultivo.

Entre un encuentro y otro, los agricultores realizan un recuento en sus plantaciones y presentan los resultados en el siguiente encuentro. Además pueden llevar a cabo ejercicios de aprendizaje sencillos, así como experimentos con prácticas de manejo alternativo en sus plantaciones. En los encuentros comparan sus resultados con los de otros agricultores. Al final del ciclo, los agricultores revisan la salud del cultivo y los problemas de plagas durante el ciclo de cultivo, analizan la eficacia de las decisiones de manejo, y planean el siguiente ciclo de cultivo.

En Nicaragua, más de 8000 agricultores han participado en el proceso de aprendizaje y experimentación por etapa de cultivo, en grupos organizados y en capacitaciones ofrecidas por organizaciones contrapartes, aunque solo entre el 40 y el 60% han participado regularmente en más de tres sesiones. En las autoevaluaciones, los agricultores demostraron un incremento sustancial en su capacidad para identificar las plagas más importantes y los organismos benéficos, en comprender las condiciones climáticas que favorecen las plagas, y la etapa del cultivo en la cual el daño es crítico (Cuadro 4 y 5). Estas son consideradas las habilidades principales para mejorar el planeamiento y la toma de decisiones basados en un razonamiento ecológico.

En un estudio comparativo de agricultores que pertenecen a grupos de aprendizaje y experimentación *versus* sus vecinos que no pertenecían a estos grupos, se determinó que los primeros utilizaban con mayor frecuencia prácticas alternativas para el manejo de plagas y cultivos (Cuadro 6).

Cuadro 4. Incremento del conocimiento de productores después de dos ciclos de aprendizaje y experimentación, en zonas cafetaleras de Nicaragua. 1999-2000.

Plagas de café	% de productores que identificaron correctamente la plaga			
	1999		2000	
	Todos	Todos	Hombres	Mujeres
		n=3665	n=3020	n=645
Broca	71	96	92	89
Roya	72	93	94	89
Mancha hierro	55	77	79	69
Minador	43	54	55	48
Nematodos	19	22	23	16

Fuente: Datos originales de informes presentados por extensionistas de instituciones colaboradoras

La motivación del agricultor y su capacidad de adaptar e innovar prácticas alternativas a las condiciones locales constituyen las destrezas esenciales para reducir el riesgo y mejorar la producción de cultivos bajo condiciones de variabilidad e incertidumbre.

- **Capacitación de los extensionistas en agroecología, y métodos para el aprendizaje de manejo del cultivo por etapas.** Muchos extensionistas poseen un conocimiento general sobre una cantidad de temas, pero tienen menos experiencia en diagnosticar problemas específicos a nivel de campo, basados en el análisis de las interacciones agroecológicas. Ellos mantienen una buena relación con los agricultores y capacidad para organizar eventos cortos de capacitación, aunque tienen menos experiencia para planear procesos de capacitación que incluyan varios eventos.

Para fortalecer las habilidades de los agricultores en la toma de decisiones basada en el razonamiento ecológico, los extensionistas deben fortalecer sus conocimientos y habilidades en los aspectos ecológicos y en el manejo de cultivos. También tienen que mejorar metodológicamente, para fortalecer la capacidad de toma de decisiones de los productores y no quedarse simplemente en la transferencia de tecnologías.

Cuadro 5. Incremento del conocimiento de productores después de dos ciclos de aprendizaje y experimentación, en cultivos hortícolas de Nicaragua. 1999-2000.

Plagas	% de productores que identificaron correctamente la plaga			
	1999	2000		
	Todos	Todos	Hombres	Mujeres
		n=1682	n=1196	n=486
Mosca blanca	57	90	91	87
Palomilla del repollo	59	52	57	40
Picudo del chile	6	57	58	56
Mal de talluelo	67	32	36	21
Tizón del tomate	21	62	67	49

El CATIE y sus colaboradores procuran este cambio mediante un proceso de capacitación paralela por etapas de cultivo (Fig. 5). Durante el mismo ciclo de cultivo en que un extensionista se reúne con su grupo de agricultores, también participa en

un proceso de capacitación con otros extensionistas. Al igual que los agricultores pasan de su encuentro grupal al recuento y experimentación en sus plantaciones, los extensionistas pasan de sesiones de capacitación a la práctica con sus grupos de agricultores.

El proceso de capacitación comienza con un taller de dos o tres días, en el cual se ofrece una introducción a las técnicas del MIP en el cultivo y a los aspectos ecológicos en que se basan, una introducción a los métodos participativo, y capacitación en la planificación del ciclo de capacitación en forma de un proyecto.

Entre el taller y el primer evento de seguimiento, cada extensionista realiza un diagnóstico participativo y un evento de planificación con los agricultores y completa la formulación de su plan para el ciclo de cultivo, como un proyecto. Los extensionistas se reúnen para revisar los resultados de su diagnóstico y evento de planificación y desarrollan nuevas habilidades para el siguiente evento con su grupo de agricultores. Estas se basan en ejercicios de campo, en los cuales los extensionistas juegan el papel de agricultores. Durante cada uno de los dos a cuatro eventos, los extensionistas discuten su evento anterior con el grupo de agricultores, hacen ejercicios de campo para fortalecer su comprensión de la fase de cultivo actual y planifican el siguiente encuentro con sus agricultores. En el último evento, los extensionistas analizan lo que sucedió con el cultivo durante el año, presentan los resultados del trabajo con su grupo de agricultores y desarrollan una propuesta para mejorar la capacitación de los agricultores para el siguiente ciclo.

En Nicaragua, más de 400 extensionistas han participado en la capacitación de manejo del cultivo por etapas, para luego trabajar con grupos de agricultores. Cuando se les pidió calificar el aprendizaje adquirido en las capacitaciones, indicaron que estos eventos duplicaron su capacidad (Cuadro 7). Su área más fuerte fue la ecología de las plagas, mientras que la más débil fue la formulación y evaluación de proyectos. En todas las áreas, los resultados muestran que es necesario ofrecer mayor capacitación para mejorar las habilidades de la mayoría de personas que trabajan en extensión. Solo la mitad de los extensionistas calificó sus habilidades como buenas.

- **Grupos multiinstitucionales de científicos-capacitadores, con una agenda de capacitación e investigación vinculada con el manejo de la variabilidad ecológica por los agricultores.** Para que la capacitación de los agricultores y extensionistas por etapas de cultivo sea eficiente, los capacitadores deben poseer ciertos elementos: una comprensión ecológica de la variabilidad en los rendimientos de los cultivos y la dinámica de la red alimenticia; métodos sencillos de reconocimiento y toma de decisiones; y prácticas alternativas de manejo adecuadas al conocimiento y recursos de los agricultores. Generalmente, esta información está incompleta y dispersa en muchas fuentes.

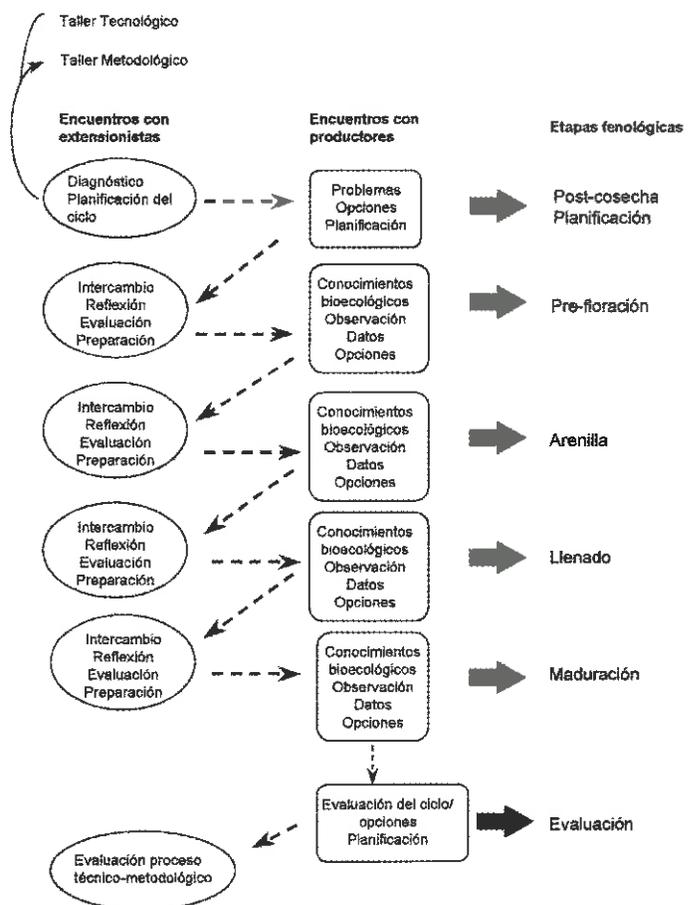


Figura 5. Proceso de capacitación a extensionistas simultáneo al proceso grupal de aprendizaje y experimentación por etapa del cultivo con productores. En cada encuentro, los extensionistas analizan los resultados del encuentro anterior con el grupo de productores, estudian en campo la etapa actual y se preparan para el siguiente encuentro con su grupo de productores.

Cuadro 6. Frecuencia de uso de prácticas alternativas (MIP, conservación de suelos, diversificación) por productores participantes en grupos de capacitación y no participantes en grupos de capacitación, en tres regiones de Nicaragua.

No. de prácticas utilizadas	Productores participantes en capacitaciones*		Productores no participantes en capacitaciones**	
	Número	%	Número	%
0	84	9	115	32
1	84	9	65	18
2	122	13	47	13
3	215	23	65	18
4	225	24	47	13
5	131	14	18	5
6	65	7	4	1

* n=936

**n=360

La colaboración entre el CATIE y numerosas instituciones contrapartes ha demostrado que el trabajo en grupos multiinstitucionales puede incorporar esta información en un marco ecológico, mediante un esfuerzo sostenido en etapas sucesivas. Estos grupos de trabajo incluyen profesionales interesados que trabajan para instituciones y proyectos de enseñanza, investigación y desarrollo.

Estos grupos o subgrupos se reúnen regularmente para desarrollar un banco de datos que resume el estado de comprensión y uso del MIP entre agricultores, extensionistas y especialistas, un currículum de capacitación por etapas de cultivo para extensionistas y agricultores, una agenda participativa y formal de la investigación y los vínculos para el intercambio de información científica (Fig. 6). Cada uno de estos elementos se puede actualizar regularmente con datos de niveles de plagas y rendimientos de las cosechas, presentados por los grupos de agricultores, estudios de impacto de la capacitación y resultados de experimentos.

En Nicaragua, más de 50 profesionales han participado en grupos de trabajo multiinstitucionales. Los grupos de trabajo en café, sistemas de hortalizas y musáceas se reúnen regularmente y realizan diversas actividades, mientras que el grupo de trabajo en granos básicos solo funcionó temporalmente durante el desarrollo del primer currículum de capacitación (Cuadro 8). Estos mismos profesionales han participado activamente en la capacitación por etapas de cultivo ofrecida a extensionistas.

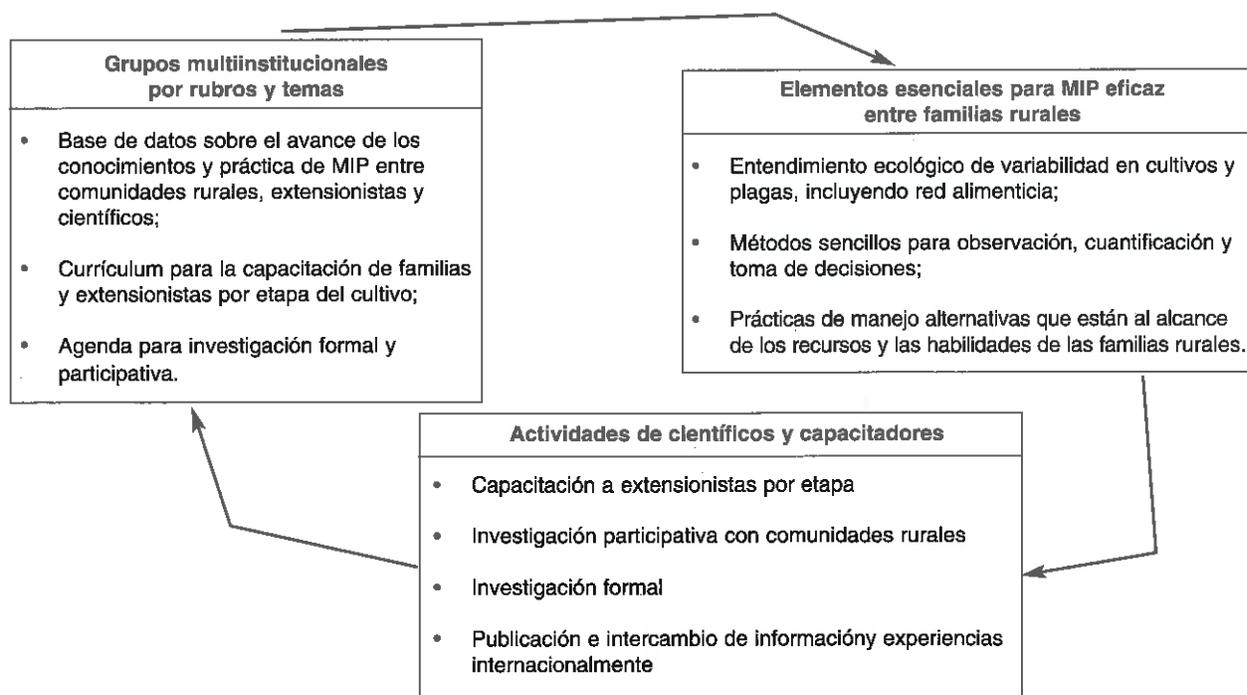


Figura 6. El grupo multiinstitucional establece los elementos esenciales para que el MIP sea utilizado con éxito por las familias rurales mediante actividades del grupo que potencian y dan mayor coherencia a las actividades individuales o de pequeños grupos de capacitadores y científicos.

Cuadro 7. Autoevaluación por parte de los extensionistas (n=34) sobre el incremento de conocimientos y habilidades antes y después de recibir capacitación en MIP de frijol, en dos zonas de Nicaragua.

Temas	Agricultores considera sus habilidades y conocimiento como buenos(%)*	
	Inicio	Final
Ecología de plagas	12	54
Métodos participativos	12	48
Formulación y evaluación de proyectos	6	30
Género y familia	24	42

Fuente: Datos originales de informes presentados por capacitadores, 2000.

Recientemente, ellos hicieron una autoevaluación que demostró que consideran que han fortalecido muchas áreas, pero que todavía hay muchas por mejorar (Cuadro 9). En el caso de los capacitadores y científicos que trabajan con café, sus mayores fortalezas son en ecología y en el manejo del cultivo y sus plagas, y los aspectos más débiles son género y familia.

- **Planeamiento y monitoreo multiinstitucional de la capacidad para implementar el MIP.** Los estudios sobre el impacto de los programas de MIP financiados por el Banco Mundial demostraron que hay dos factores importantes para el uso exitoso del MIP por parte las familias rurales: programas de capacitación de alta calidad que enfatizan el aprendizaje de los agricultores, y un ambiente de políticas favorables (H. Waibel, 2002, Comunicación personal).

Esta conclusión confirma la experiencia de los proyectos MIP del CATIE financiados por NORAD

en Nicaragua, aunque ha sido difícil que se den cambios importantes en la esfera política. La primera fase de financiamiento (1989-1994) y cada fase sucesiva ha dado énfasis en la capacidad nacional para implementar el MIP. El CATIE ha enfrentado este reto trabajando en escala multiinstitucional, con una variedad de colaboradores para primero determinar cómo hacer el MIP eficaz para los agricultores y luego cómo multiplicar ese enfoque.

La planificación y monitoreo multiinstitucional de la capacidad para la implementación del MIP han tenido un papel crucial en la mejora continua de los programas de capacitación, vinculando el trabajo de capacitación de campo con los líderes institucionales (Fig. 7). El diagrama ilustra cómo grupos de MIP locales, vinculados con los grupos multi-institucionales de trabajo en cultivos planifican y monitorean la capacitación de grupos de agricultores y extensionistas. Las instituciones claves conforman un Comité Nacional MIP, que informa a los decisores institucionales. El Comité Nacional fue reconocido recientemente por el Ministerio de Agricultura como un cuerpo consejero oficial, el cual puede crear oportunidades futuras para influenciar las políticas.

Sin embargo, la prioridad actual del proceso de coordinación multiinstitucional es el mejoramiento en el aprendizaje y experimentación por etapas de cultivo para grupos de agricultores, la capacitación continua para extensionistas graduados, y el apoyo institucional para grupos regionales y de trabajo en cultivos. La sostenibilidad de este proceso informal multi-institucional de coordinación y monitoreo será puesto a prueba en los próximos años, ya que el financiamiento de NORAD al sector de MIP en Nicaragua terminará a mediados del 2003.

Cuadro 8. Dimensiones de trabajo desarrolladas por grupos multiinstitucionales de trabajo por cultivo o por tema, en función de la capacidad de implementación de MIP en campo, en Nicaragua.

Grupo	Bases establecidas por los grupos de trabajo					
	Membresía representativa de instituciones	Rutina de trabajo	Análisis de capacidad de actores	Agenda de investigación	Curriculum de capacitación	Vínculos regionales e internacionales
Café	X	X	X	X	X	
Sistemas hortícolas	X	X	X	X	X	X
Musáceas	X	X	X	X	X	X
Granos básicos					X	
Género y agricultura		X		X		

Fuente: Datos originales de informes presentados por varios grupos de trabajo entre 1999 y 2001.

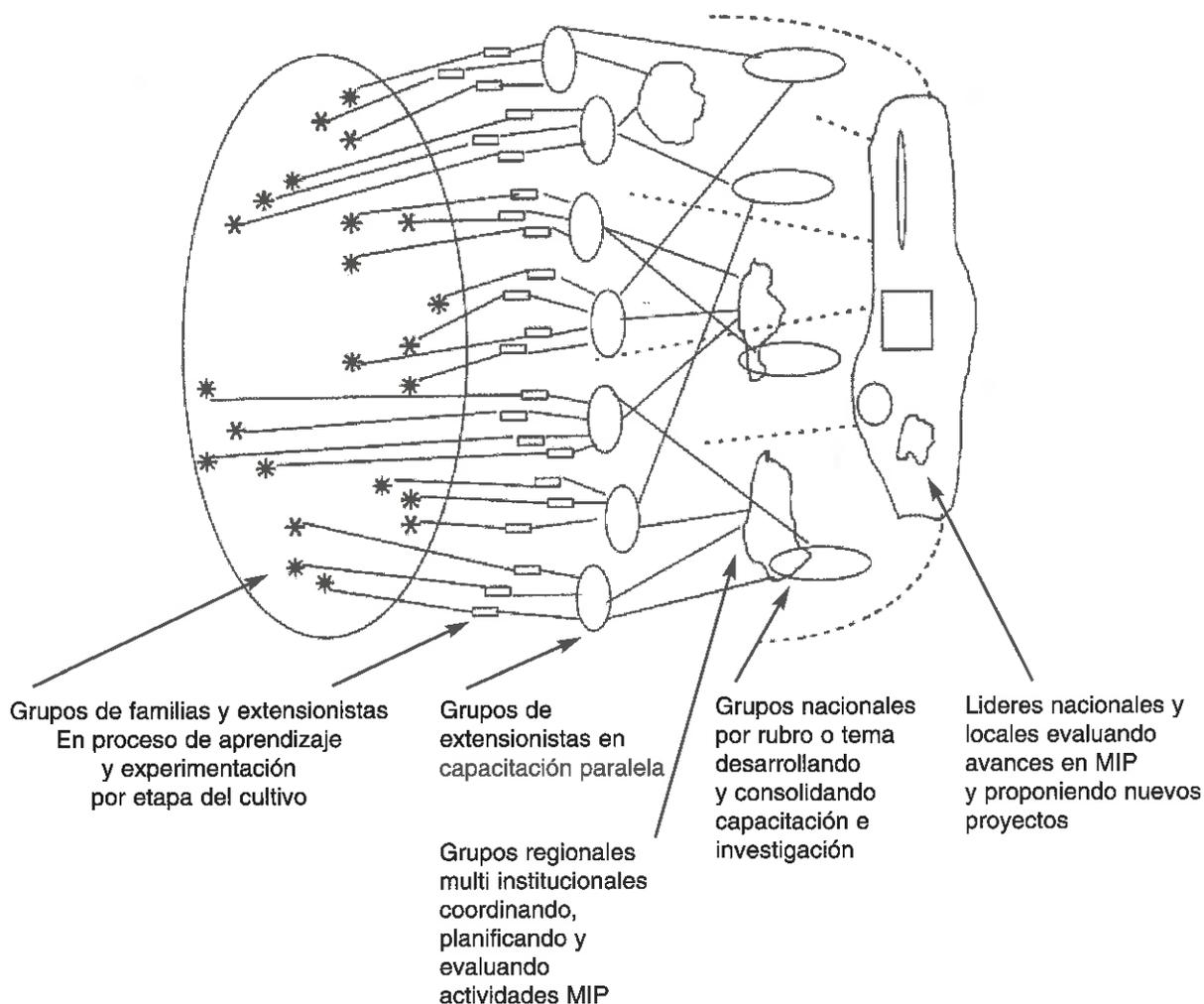


Figura 7. Colaboración a diversos niveles entre instituciones locales y nacionales, para fortalecer la capacidad nacional para la implementación de MIP por las comunidades rurales. El punto de referencia del sistema es el fortalecimiento de las habilidades de las familias en lo referente al manejo del cultivo y sus plagas, basados en un razonamiento ecológico (representado como * en la figura). Los otros niveles trabajan para hacer más eficaz el trabajo a nivel de familias. Este sistema vincula los líderes y decisores nacionales mediante los grupos de especialistas, capacitadores y extensionistas con la realidad de las familias rurales.

CATIE: un puente entre investigación estratégica y redes de campo, para el aprendizaje del manejo de la variabilidad ecológica

El trabajo piloto, desarrollado durante el último decenio en Nicaragua, sugiere un papel central para CATIE en América Central: el fortalecimiento de las instituciones nacionales y locales para vincular el aprendizaje de los agricultores con los procesos ecológicos. El CATIE necesita socios internacionales en las áreas de ecología y aprendizaje humano, para desempeñar un papel más eficaz en los países miembros.

Por ejemplo, el Plan de Acción para el Manejo de Mosca Blanca y Geminivirus en América Central y el

Caribe, coordinado por el CATIE, así como las redes centroamericanas de horticultura (REDCAHOR) y café (PROMECAFE) durante el último decenio, han demostrado la utilidad del intercambio de información entre los programas nacionales y con científicos internacionales. Con base en estas experiencias, se puede visualizar el CATIE en un papel central para la articulación entre los consorcios internacionales de investigación estratégica y las redes de organizaciones vinculadas al trabajo de campo.

Los convenios estratégicos permanentes con centros internacionales de excelencia deben estar enfocados en los procesos ecológicos, tales como:

Cuadro 9. Autoevaluación (según escala de 1-10) del incremento de conocimientos y habilidades por tema, entre los científicos/capacitadores de café (n=14) que desarrollan actividades en MIP en Nicaragua, en colaboración con el CATIE.

Temas	Al inicio de trabajo con CATIE*	Estado actual*
Ecología y manejo de plagas y del cultivo	3,0	6,5
Métodos participativos	2,8	6,6
Formulación y evaluación de proyectos	2,7	5,7
Género y familia	2,5	5,2
Redacción de materiales	2,8	5,5
Coordinación multi-institucional	2,0	5,7

Fuente: Datos originales de encuesta realizada por el Proyecto MIP/AF (2001).

- Exploración de recursos genéticos en un contexto de sistemas.
- Ecología de suelos y un reciclaje de nutrientes más rápido, con menos lixiviación.
- Manejo de hábitat y red alimenticia a nivel de parcela, finca y paisaje agrícola.
- Papel del clima y la variabilidad meteorológica en los procesos ecológicos en parcelas individuales, la finca y el paisaje.

Los temas sobre aprendizaje humano que contribuyan a construir la capacidad comunitaria e institucional, también ofrecen oportunidades de colaboración internacional:

- El proceso de aprendizaje humano en la innovación ecológica y empresarial.
- El manejo adaptativo de la variabilidad e incertidumbre en los hogares y las redes comunitarias.
- La capacidad institucional y nacional para vincular los sistemas sociales y los ecológicos.

Las prioridades de asociación del CATIE en su colaboración con las comunidades rurales y las instituciones locales e internacionales deben orientarse a:

- Definir el estado actual del desarrollo y uso de la tecnología agrícola, identificar oportunidades y establecer prioridades, ante la escasez de recursos.

- Colaborar en la implementación en campo de proyectos con comunidades rurales: cómo organizar la información en marcos ecológicos y de toma de decisiones; métodos para el aprendizaje de los agricultores, sus familias y la comunidad; y principios para la masificación del aprendizajes.
- Temas específicos de investigación en un contexto de sistemas, y enfoques de rediseño de sistemas basado en procesos ecológicos.
- Educación continua en asuntos emergentes, para profesores, científicos y decisoras institucionales.

Literatura citada

- Corriols, M. 2001. Intoxicaciones agudas por plaguicidas en Nicaragua, Aspectos sanitarios, ambientales y agrícolas. Managua, Nicaragua. Plagsalud, MINSA.
- FAOSTAT Statistics Database Agriculture. 2000. <http://apps.fao.org/cgi-bin/nph-db.pl?subset=agriculture>.
- Jamison, D; Lau, L. 1982. Farmer Education and Farmer Efficiency. Maryland, Johns Hopkins.
- Staver, C. 2001. Knowledge, science, and practice in ecological weed management: farmer-extensionist-scientist interactions. In Liebman, M; Mohler, C; Staver, C. Ecological Management of Agricultural Weeds. Cambridge University Press. p. 99-138.
- Useem, M; Setti, L; Pincus, J. 1992. The science of Javanese management: organizational alignment in an Indonesian development programme, Public Administration and Development. 12:447-471.

Conceptualización del manejo integrado de plagas en escalas espaciales y niveles de integración más amplios ¹

Marcos Kogan²
Myron Shenk²

RESUMEN. El nivel de operación de la mayoría de los programas de manejo integrado de plagas (MIP) implementados en todo el mundo comúnmente ha sido la parcela o plantación. Según el cultivo y la región, una parcela puede ser sólo una fracción de una hectárea, como en el caso de las pequeñas fincas dedicadas a la producción para la subsistencia en Asia, Africa, y Centro y Sur América, o los pequeños huertos de hortalizas y plantas ornamentales "especiales" en países desarrollados de Europa y América. En el otro extremo, las plantaciones de miles de hectáreas de un monocultivo, tal como la soya en el occidente de los estados de Rondonia y Mato Grosso, Brasil. Existen dificultades inherentes en la implementación del MIP en plantaciones muy pequeñas o muy grandes. Los programas actuales, en los cuales las decisiones sobre el control de plagas están basadas en el reconocimiento local y en los daños económicos a nivel de plantación, funcionan bien cuando la unidad meta es una plantación entre 10 y unos cuantos cientos de hectáreas. El MIP representa un importante progreso en comparación con los sistemas de control de plagas usados en los años 40, 50 y 60, los cuales se basaban en aplicaciones calendarizadas de plaguicidas. Sin embargo, el nivel de integración de algunos de los mejores programas todavía está limitado al uso de tácticas de control para plagas individuales dentro de cada categoría (insectos, patógenos, malezas, etc.). Pocas veces se consideran interacciones entre categorías de plagas y a menudo se adoptan sistemas de cultivo que dan muy poca o ninguna consideración a los impactos ecológicos, particularmente a los que afectan directamente la incidencia y severidad de plagas. La necesidad de considerar múltiples factores en el desarrollo del MIP a niveles de integración más amplios resulta imperativa. Para llevar los sistemas de manejo de plagas a niveles de integración más amplios, será necesario expandir la escala espacial de los programas desde la plantación individual hasta el agroecosistema y más allá, hasta la eco-región. Creemos que la verdadera integración multidisciplinaria solo puede lograrse si los procesos ecológicos se analizan desde la perspectiva de la comunidad y del ecosistema. La expansión del enfoque de investigación e implementación a la eco-región llevará a niveles de integración más amplios.

Palabras clave: Manejo integrado de plagas, Integración, Agroecosistema.

ABSTRACT. Moving IPM to larger spatial scales and higher levels of integration. The operational unit for most IPM programs implemented throughout the world to date has been the individual crop field. Depending on the crop and the region of the world a crop field can be just a fraction of a hectare, as the small holdings of subsistence farmers in Asia, Africa, or Central and South America, or the small plots of speciality vegetable or ornamental seed producers in developed countries of Europe and North America. At the other extreme, fields can cover several thousand hectares of a monocrop, such as soybean, in the western reaches of the states of Rondonia and Mato Grosso, Brazil. There are inherent difficulties in implementing IPM in very small or in very large fields. Current programs, based on local scouting and field based economic injury levels to support control decisions, perform at their best if the target field unit ranges from ten to a few hundred hectares. There are reasons for this dependency of current IPM programs on field size and these will be discussed in greater detail. IPM represents a significant advancement over pest control systems of the 1940s, 50s, and 60s that were based on calendar sprays. The level of integration of some of the best programs, however, still is limited to the use of combinations of a few control tactics for individual pests in each pest category (insects, pathogens, weeds, etc.). Seldom are interactions among pest classes taken into consideration and cropping systems often are adopted with little or no consideration of ecological impacts, particularly impacts on pest incidence and severity. The need for consideration of these multiple factors for the advancement of IPM to higher levels of integration is imperative. To advance pest management systems to higher levels of integration it will be necessary to expand

¹ Presentado en la Serie de Conferencias Científicas Interamericanas Henry A. Wallace "Globalización de la Investigación Agrícola (2002, Turrialba, Costa Rica).

² Centro de Protección Integral de Plantas y Departamento de Entomología, Oregon State University, Corvallis, Oregon, Estados Unidos. koganm@bcc.orst.edu y shenkm@bcc.orst.edu

the spatial scale of programs from the individual field to the broader agroecosystem, and beyond to the ecological region. We believe that true multidisciplinary integration can only be achieved if ecological processes are viewed at the community and ecosystems levels. Expansion of the research and implementation focus to the ecological region will lead to those higher levels of integration.

Key words: Integrated pest management, Integration, Agroecosystem.

Introducción

El manejo integrado de plagas (MIP) representa un avance significativo con respecto a los sistemas de control de plagas de los años 40, 50 y 60, basados en la aplicación calendarizada de productos químicos. Sin embargo, el nivel de integración de algunos de los mejores programas, todavía se limita a combinar unas cuantas tácticas de control de plagas individuales en cada categoría (insectos, patógenos, malezas, etc.). Pocas veces se toman en cuenta interacciones entre clases de plagas y a menudo se adoptan sistemas de cultivo que dan muy poca consideración, o a veces ninguna, a los impactos ecológicos, a no ser aquellos que afectan directamente la incidencia de plagas y su severidad. Es imperativa la necesidad de tomar en cuenta esos múltiples factores para el desarrollo del MIP con niveles de integración más amplios.

Para lograr mayor integración en los sistemas de manejo de plagas será necesario expandir la escala espacial de los programas, desde la finca hasta el agroecosistema y más allá, hasta la eco-región. Creemos que la verdadera integración multidisciplinaria solo puede lograrse si los procesos ecológicos se ven desde la perspectiva de la comunidad y del ecosistema. La expansión del enfoque de investigación e implementación a la eco-región permitirá alcanzar mayores niveles de integración. En este artículo, evaluaremos la evolución de los sistemas MIP desde el punto de vista de cada finca hasta el enfoque de zona y propondremos que la ampliación de la escala espacial de los programas MIP permita alcanzar un nivel más alto de integración y un mejor uso de los recursos de manejo táctico.

Para proyectar mejor nuestra visión del futuro del MIP, primero presentaremos nuestra definición operacional de MIP y comentaremos brevemente el concepto de los niveles de integración. Para nosotros, el *MIP es un sistema de apoyo a la toma de decisiones pa-*

ra la selección y el uso de tácticas, individuales o múltiples, para el control de plagas, las cuales se coordinan armoniosamente en una estrategia de manejo basada en un análisis de costos con relación a los beneficios, considerando los intereses e impactos sobre los productores, la sociedad y el ambiente.

Esta definición, que modifica ligeramente la de Kogan (1998), sintetiza docenas de definiciones anteriores. No obstante, se diferencia de la mayoría de ellas en el énfasis que da al proceso de toma de decisiones.

La integración puede definirse como “coordinar o combinar [los componentes de un sistema] en un todo orgánico, funcional o unificado”. Aunque ‘integración’ es el término clave para la expresión del MIP, también es lo más complejo de lograr y lo más controversial de definir sin ambigüedad.

Para entender mejor los fundamentos ecológicos del MIP a niveles de integración más amplios, se presenta un esquema (Fig. 1) que sugiere que conceptualmente el MIP funciona en la interfase de dos sistemas multidimensionales: el ecológico y el socioeconómico. Estos sistemas están organizados jerárquicamente en niveles ascendentes de complejidad y en escalas espaciales expansivas.

La jerarquía de los sistemas ecológicos se extiende desde el individuo, pasando por la población, la comunidad y el ecosistema, hasta la totalidad de la eco-región. Asimismo, los sistemas sociales humanos se pueden ordenar desde el individuo hasta el hogar o la familia extendida, la finca o la villa, y el cantón o condado, la provincia o países y continentes completos.

Existe una jerarquía paralela en los sistemas agrícolas, como resultado de las interacciones entre las fuerzas ecológicas y socioeconómicas dominantes en la región. En los sistemas agrícolas, la jerarquía empieza con la especie de cultivo o de animal doméstico, seguido por las plantaciones de cultivos o hatos o mana-

das, las comunidades de cultivos, los agroecosistemas y los sistemas de producción regional como componentes principales (Kogan *et al.* 1999, Flint y van den Bosch 1981).

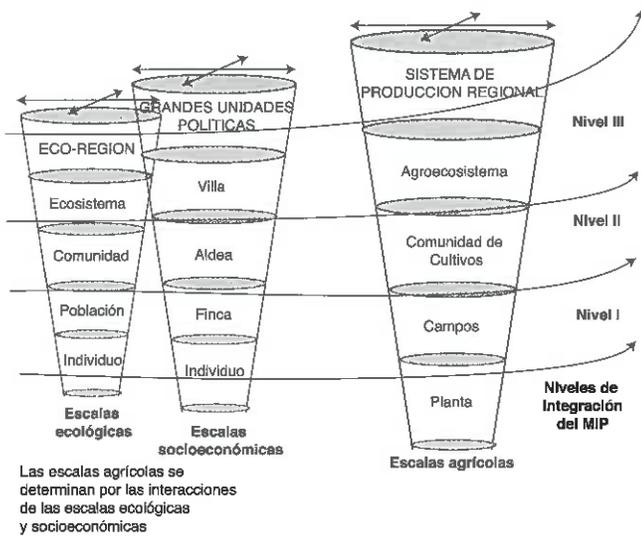


Figura 1. Escalas ecológicas, socioeconómicas y agrícolas y los niveles de integración MIP según Kogan (1998).

La integración en el MIP sigue este modelo de escalas ascendentes y se define en tres niveles diferentes (Figs. 1, 2). Los niveles de integración se definen de la siguiente manera:

- Nivel I. La integración de los métodos de control para especies individuales o complejos de especies (integración a nivel de especies y población)
- Nivel II. La integración de los impactos de múltiples categorías de plagas en los cultivos y los métodos para controlarlas (integración a nivel de comunidad)
- Nivel III. La integración de los impactos de múltiples plagas y los métodos para controlarlos dentro del contexto del sistema total de cultivo (integración al nivel de ecosistema)

Del nivel I al nivel III hay un cambio drástico en la escala espacial y en la complejidad ecológica del sistema. Los tres niveles de integración son más afectados por el impacto generalizado de las políticas públicas y las presiones de la sociedad. Además, los tres niveles dependen de la integración de los sistemas de información. Estos dependen cada vez más del potencial de internet y de la red (información disponible en portales) (Fig. 2).

El enfoque de nuestro trabajo es sobre la necesidad de considerar el MIP en niveles de integración más amplios. Para satisfacer esta necesidad, será necesario expandir la escala operacional de los programas de MIP desde la finca individual hasta la escala regional. A continuación se repasa la historia de los programas de supresión por zonas y el desarrollo del MIP y se presenta el concepto de MIP de zona como un primer paso en la expansión de la escala espacial operacional del MIP.

Medidas regionales de supresión de plagas claves y el MIP tradicional

Las medidas regionales de supresión fue un paradigma dominante durante los años 60 y 70, y surgió de los grandes programas de erradicación usados en esa época. Las características de este paradigma, basadas en el proyecto de erradicación del gusano barrenador (*Cochliomya schoenei*) de Knipling, incluían programas:

1. Dirigidos a plagas claves dentro de la comunidad de cultivos.
2. Orientados a la supresión de plagas claves hasta niveles residuales (cuando no se les podía erradicar completamente).
3. Implementados en grandes regiones geográficas.
4. Coordinados por una organización central.
5. Dirigidos por gerentes de programas, quienes eran los decisores principales.

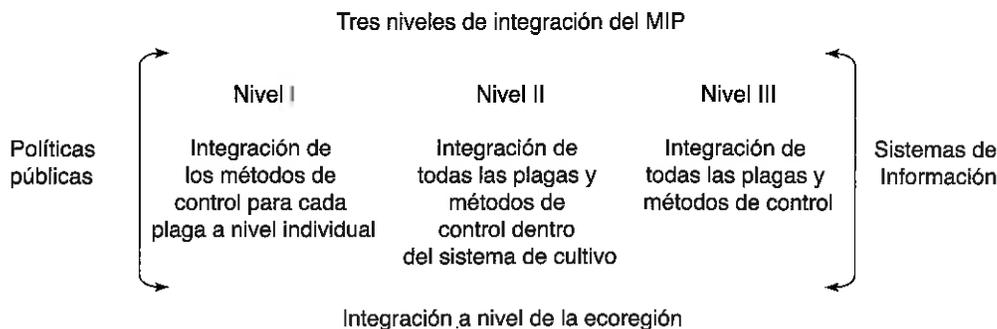


Figura 2. Niveles de integración del MIP haciendo énfasis en el papel preponderante de las políticas públicas y los sistemas de información.

- En ocasiones, tenían componentes obligatorios para garantizar la participación plena de los agricultores.

Aunque el programa de erradicación del gusano barrenador tuvo éxito, otros programas similares, como el programa de erradicación del gusano del maíz (*Helicoverpa Zea*), tuvieron menos éxito, a pesar de que estaban dirigidos a una sola especie (Knippling 1979).

El manejo integrado de plagas se convirtió en el paradigma dominante en la protección de los cultivos a partir de los años 70, cuando se formalizó el concepto (Fig. 3). Este paradigma incluía programas con las siguientes características:

- Dirigidos a complejos de plagas dentro de la comunidad de cultivos.
- Implementados en plantaciones, fincas completas o a mayor escala espacial, dependiendo del nivel de integración.
- Coordinados por agricultores individuales o por grupos de agricultores, consultores y personal de extensión, dependiendo de la escala espacial.
- Los agricultores eran los principales decisores.
- Orientados a mantener todas las poblaciones de plagas por debajo de los niveles de daño económico.
- Contaban con la participación voluntaria de los agricultores.

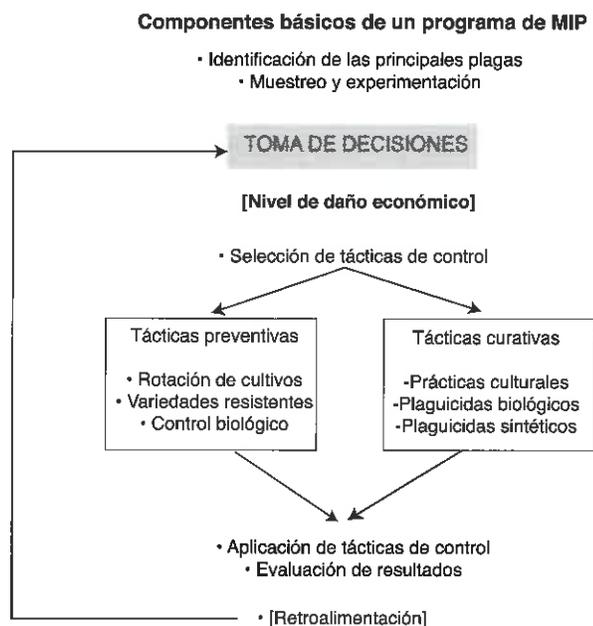


Figura 3. Pasos principales en el establecimiento y la implementación de un programa MIP. La toma de decisiones es el componente que distingue un programa MIP de un sistema convencional de control de plagas.

Aunque existen numerosos ejemplos de proyectos de MIP exitosos, otros no produjeron los beneficios esperados. Esto sucedió principalmente con plagas muy móviles, que ingresan a las plantaciones donde se desarrolla el proyecto desde áreas aledañas manejadas mediante programas convencionales de control de plagas, o desde plantaciones abandonadas o áreas circundantes con vegetación silvestre. Fue evidente que para que los proyectos de MIP tengan mayor éxito, todos los agricultores en una región dada deben implementar estas prácticas. Los programas de MIP regionales surgieron de esta necesidad.

Estos programas combinan las características de los programas originales de supresión de plagas con los conceptos básicos del MIP. Actualmente en EE.UU. (Cuadro 1) se desarrollan programas regionales de MIP para la polilla de la manzana (*Cydia pomonella*) en manzana y pera, en el oeste del país, de los gusanos de la raíz del maíz en el Medio Oeste, del gusano del maíz y del gusano de las cápsulas en algodón y otras plagas en el suroeste; éstos también se han implementado con enfoques diferentes en algunos otros países, por ejemplo, en soya en Brasil (Correa Ferreira *et al.* 2000). Las características principales de estos programas son las siguientes:

- Dirigidos a una plaga clave, cuyo control mejora las opciones del MIP para plagas secundarias.
- Tienen como meta suprimir las poblaciones de plagas claves y mantener las demás plagas debajo de los niveles de daño económico.
- Se implementan a una mesoescala o macroescala, pero se concentran en regiones.
- La coordinación es regional y se organiza a los agricultores en redes con el fin de intercambiar información y tomar decisiones.
- Dependiendo de las principales tácticas de control, los programas a veces necesitan proporcionar incentivos especiales para estimular a los agricultores a participar.

El programa MIP regional para la polilla de la manzana tuvo mucho éxito en la reducción del número de aplicaciones de insecticidas organofosforados convencionales. Las reducciones variaron de 75a 99%, con un daño mínimo causado por el insecto (USDA/ARS 2000, VanBuskirk *et al.* 2000). En situaciones de infestación fuerte de esta plaga, el ingreso neto fue significativamente más alto para el programa de interrupción del apareamiento. En casos con poca presión

Cuadro 1. Ejemplos de programas de MIP regionales en los EE.UU.

Cultivo	Ubicación	Plaga principal	Táctica principal
Manzana/Pera	Oeste	Polilla de la manzana	Interrumpir el apareamiento*
Maíz	Oeste	Gusano de raíz	Atraer y matar**
Algodón	Suroeste	Gusano del algodón	Aplicar virus*** (a poblaciones silvestres)

*Interrupción del apareamiento: Se basa en la saturación del ambiente de la plantación con la feromona femenina. Los machos se desorientan y no encuentran hembras receptivas (confusión sexual), las cuales permanecen sin fertilizar y ponen huevos estériles.

** Atraer y matar: usa kairomonas, combinaciones de un agente de atracción de "pelos del maíz y el estimulante del apetito cucurbitacina, en una fórmula que se usa como atrayente y que contiene un insecticida. Las hembras adultas de *Diabrotica* spp. son atraídas y mueren antes de colocar suficientes huevos para causar daños al maíz el año siguiente.

*** Aplicación de virus: usado para controlar el gusano del maíz y gusanos de las cápsulas en hospedantes silvestres mientras las especies emergen de los refugios de invierno antes que las plantar el algodón.

por parte del insecto, los ingresos netos fueron prácticamente iguales a los de programas basados en la aplicación de azinfosmetil (Connor 2000). Riedl *et al.* (2000) reportaron resultados similares en el programa integrado de producción de frutas, que incorporó muchas de las características del programa de MIP regional. Otra ventaja de estos programas ha sido que gracias a la reducción de las aplicaciones de insecticidas organofosforados tóxicos no se interfirió en el control natural de las plagas secundarias, de modo que éstas no han aumentado, como sucede a menudo después del uso de insecticidas de amplio espectro, que eliminan los enemigos naturales en el área.

El programa MIP regional para el proyecto con el complejo *Heliothis/Helicoverpa* (Fig. 4) es interesante por las prácticas de manejo que se realizan fuera del área antes de sembrar el cultivo. La generación F1 del gusano del maíz y del gusano de las cápsulas, en el delta del Mississippi se incrementa en las plantas hospedantes, introducidas y nativas, a principios de la temporada. Las polillas de esta generación posteriormente invaden el algodón y para su control se requiere de aplicaciones intensivas de insecticidas. El cual ocasionó el desarrollo de resistencia por parte de estas especies a los insecticidas más comunes. Una especie de geranio silvestre, (*Geranium dissectum*) (L), que es una planta anual adventicia, herbácea, de maduración temprana en el invierno, procedente de Europa, era el principal hospedante alternativo en el área.

Un estudio de poblaciones de larvas y adultos detectó hasta 180 000 larvas y 7 000 adultos por acre de ambas plagas. Stadelbacher (1985) informó que las polillas que emergían en la primavera se restringieron a plantas hospedantes alternas a principios de la estación, en las cuales se concentraron, lo cual ocupaba menos del 5% del total del área.

Estudios posteriores sobre la justificación de controlar las poblaciones de gusano del maíz y gusano de las cápsulas durante esa primera generación y posiblemente también durante la segunda generación, sugirieron que una reducción del 90% en toda el área de emergencia de la primera generación podría ser una herramienta de manejo eficaz (Bell y Hayes 1994a y b).

Se evaluó un programa MIP regional basado en la supresión de las larvas F1 mediante la aplicación del *Virus de la poliedrosis nuclear*, específico para *Heliothis* y *Helicoverpa*, en los terrenos de reproducción donde se encontraban las malezas hospedantes. En esta área, la maleza *Abutilon theophrasti* era el hospedante preferido para la oviposición. La prueba cubrió un área de aproximadamente 100 millas cuadradas. Una sola aplicación del virus redujo el tamaño de la población colonizadora en el algodón a aproximadamente la mitad o un tercio de la del área donde no se aplicó el virus. La técnica se ha desarrollado aún más para uso regional y los resultados parecen ser alentadores. Un elemento esencial para el diseño eficaz de un programa de MIP es conocer las malezas existente fuera del área de siembra y el potencial de dispersión de las plagas.

Eco-regiones, una escala natural para el MIP a un nivel espacial más amplio

Nosotros proponemos que las eco-regiones sean la próxima frontera en la escala espacial para la implementación del MIP. Las eco-regiones pueden definirse como áreas geográficas dentro de las cuales los componentes bióticos y abióticos de los ecosistemas terrestres y acuáticos exhiben patrones diferentes, pero relativamente homogéneos, en comparación con los de otras áreas.



Figura 4. Larva y adulto de dos de las plagas más dañinas del algodón en Estados Unidos. Un programa MIP regional para *Heliothis/Helicoverpa* en algodón usó información sobre el papel de los hospedantes silvestres, en este caso, el geranio silvestre, en la proliferación de generaciones F1 antes de la siembra del cultivo.

Al mismo tiempo, las eco-regiones también se definen por niveles ascendentes de resolución. En el nivel I, los continentes enteros se subdividen en unas cuantas regiones importantes. El nivel de resolución y homogeneidad de la eco-región aumenta con las subdivisiones de las regiones inferiores. El nivel más alto actualmente disponible para la mayor parte de los estados de EE.UU. es el nivel IV, el cual proporciona suficiente congruencia ecológica dentro de la región para ser útil en el planeamiento del MIP.

El uso práctico de la escala eco-regional para el planeamiento estratégico y la implementación requerirán esfuerzos significativos para incorporar nuevas tecnologías. Este trabajo hace énfasis en el uso de la red mundial de internet (www) para la disseminación de información y el apoyo a la toma de decisiones. Otra tecnología que es esencial, si se hiciera realidad el llevar el MIP a escalas espaciales operativas más altas, es la aplicación de sistemas de información geográfica (SIG).

La Oficina de Información Geológica de EE.UU. define los SIG como sistemas informáticos capaces de organizar, almacenar, manipular y mostrar información con referencias geográficas, o sea, información

identificada según su ubicación. Los expertos también consideran que el SIG completo incluye el personal de operación y los datos que entran al sistema. Un SIG también se define como un “software de mapeo que enlaza información sobre dónde están las cosas con información sobre cómo son las cosas”.

El potencial de los SIG es su capacidad para almacenar información en bases de datos que están relacionadas con el mapa o la representación geográfica de la región. Un mapa SIG puede combinar muchas capas de información. De este modo, y para los propósitos del MIP, es posible sobreponer los mapas de distribución de ciertas malezas y los patrones de dispersión de los insectos plaga y esto, a su vez, puede relacionarse con el suelo y la información topográfica y los datos climáticos. En el portal <http://www.orst.edu/Dept/IPPC/wea/> se puede encontrar un ejemplo de la aplicación de un SIG para apoyar la toma de decisiones en MIP.

Con los desarrollos recientes en la definición y accesibilidad de la información sobre las eco-regiones y con las capacidades técnicas de los SIG, en Oregon se está haciendo un esfuerzo para usar esta escala espacial de alto nivel como un fundamento operacional

para el desarrollo y la implementación de sistemas MIP enfocados a la región. A continuación se presentan los conceptos para el desarrollo de este plan, como ilustración:

Oregon: plan de trabajo del programa MIP (IPPC 2000)

1. Las eco-regiones de Oregon (Fig. 5, Cuadro 2) se usarán como unidades fundamentales para el planeamiento estratégico y la supervisión administrativa de los programas MIP en este estado.
2. Los programas para eco-regiones específicas serán desarrollados por el personal del programa central de MIP, el cual mantendrá interacción con los comités regionales de agricultores.
3. El paradigma de los programas MIP regionales se expandirá para lograr que los programas alcancen los niveles II y III de integración, o sea, integración de todas las categorías de plagas (patógenos, insectos y malezas), y la integración al nivel eco-regional.
4. A medida que los programas de MIP alcancen niveles de integración más amplios, su adopción requerirá el uso de recursos de la red de internet para promover la diseminación de la información sobre MIP, brindar acceso a datos climáticos en tiempo real y permitir el avance de los modelos de apoyo a la toma de decisiones, así como de los sistemas de alerta de plagas manejados por los agricultores.

Valle de Willamette sistema modelo de MIP eco-regional para el ácaro rojo

En el valle Willamette se cultiva un mosaico de unos 200 cultivos, principalmente trigo, pastos para semilla, menta, uvas para vino, lúpulo, frutas pequeñas, pomáceas, avellanas, hortalizas procesadas y frescas, plantas ornamentales, árboles de Navidad y flores de bulbo. Los ácaros rojos (*Tetranychus* spp.) pasan de un cultivo a otro, algunos de los cuales sirven como fuente y otros como sumideros, tanto para estos ácaros como para sus enemigos naturales. Al considerar la región desde una perspectiva a gran escala, es posible diseñar un sistema de MIP para optimizar las interacciones entre los diversos agroecosistemas presentes en la eco-región. En la figura 6 se presenta un modelo del sistema de MIP para ácaros rojos en Oregon. En este sistema cada componente cumple una función, como se explica a continuación:

Las *plantas hospedantes alternas*, como, moras y algunas malezas, albergan ácaros no dañinos, que sirven como presa para ácaros depredadores.

Las *plantas "banco" o "alcancía"* ³(plantas ornamentales pequeñas) albergan presas o alimento para los ácaros depredadores y pueden ser trasladadas de un sitio a otro.

Las *plantas hospedantes* sirven como fuentes de ácaros rojos susceptibles (importantes para el manejo de la resistencia, porque permite "diluir" las poblaciones de ácaros resistentes) o de ácaros depredadores resistentes (similar a las plantas que son hospedantes alternos)

Cuadro 2. Caracterización de cuatro eco-regiones representativas de Oregon, EE.UU.

Ecoregión	Uso y cobertura de la tierra	Principales cultivos	Valor x 10 ⁶
3. Valle de Willamette 3c. Terrazas de praderas 3d. Valle al pie de montañas	Agricultura, pasturas, viñedos, bosques y algunas zonas ribereñas reforestadas, residenciales urbano y rural	Plantas ornamentales, árboles de Navidad, frutas pequeñas, pastos para semilla, menta, hortalizas, avellanas	\$1 400
10. Meseta Columbia	Sembradíos	Granos, heno y forraje, pastos y leguminosas para semilla, maíz, papa, cerezas, hortalizas	\$322
12 Cuenca del río Snake (tierras altas y cuenca de Owyhee)	Sembradíos y desierto	Granos, heno y forraje, pastos y leguminosas para semilla, papa, cebolla, hortalizas	\$115

³ Son plántulas generalmente producidas en invernadero e inoculadas con una plaga y sus parasitoides con el propósito de que la plaga les sirva de hospedante y éstos empiecen a actuar rápido después del trasplante.

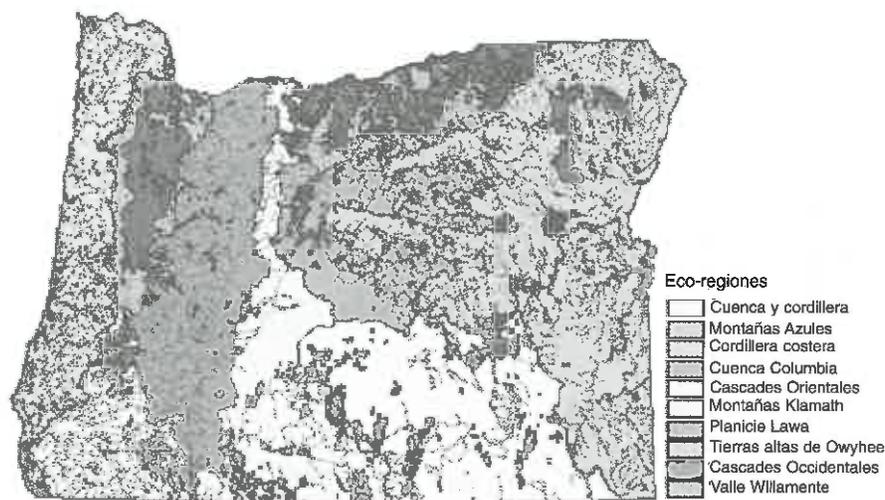


Figura 5. Ecoregiones principales de Oregon, nivel IV, con indicación de tierras agrícolas.

Las plantas "centinelas"⁴, de rápido establecimiento, por ejemplo grupos de plántulas de frijol sembradas en bolsas plásticas que contienen mezclas de suelo de vermicultura, para atrapar ácaros rojos inmigrantes y ácaros depredadores.

Unidades de campo para la reproducción de depredadores: son pequeñas parcelas (0,1-0,3 ha) de una especie de frijol, las cuales son infestadas con ácaros rojos susceptibles durante la primavera, y unas semanas después con ácaros depredadores.

El manejo de los ácaros rojos a nivel eco-regional se basa en un sistema de cultivo centrado en unidades de producción de cultivos ornamentales, tanto en condiciones de campo como de invernadero.

Estas unidades están rodeadas de plantaciones de cultivos múltiples rodeados con barreras o cercas vivas de moras silvestres o de álamos (*Populus* spp.), que son plantas hospedantes. Para monitorear los ácaros plaga y los depredadores se colocan plantas centinelas formando una cuadrícula. Las unidades de reproducción de depredadores y las plantas banco se colocan estratégicamente para maximizar la eficacia de la distribución de los ácaros depredadores y la inoculación de los cultivos. Este enfoque aprovecha la secuencia de eventos determinados por la fenología de los diversos cultivos y su función en la dinámica de las poblaciones de ácaros rojos y de ácaros depredadores, así como y su capacidad de dispersión. Si este modelo se extrapola a otras plagas y a otros sistemas agrícolas permitirá mejorar la eficiencia del uso de los enemigos naturales y la detección de la incidencia y su severidad de plagas.

Requisitos básicos para el desarrollo de MIP eco-regionales

1. Lograr una buena cooperación entre los agricultores, los especialistas en cultivos y los que manejan la producción, el procesamiento y el mercadeo de productos, durante todas las fases del programa, desde su planeamiento hasta su implementación.
2. Contar con métodos confiables y eficaces desde el punto de vista económico, para la detección y vigilancia de las plagas, con el propósito de apoyar los complejos procesos de toma de decisiones.
3. Desarrollar un mecanismo de comunicación rápida, promovida por los agricultores y usando los recursos de internet, sobre detección de plagas, niveles de infestación e infección e información sobre MIP.
4. Lograr un uso óptimo de los recursos tácticos del MIP, totalmente integrados en estrategias de manejo eficientes, después de numerosas evaluaciones de las tácticas principales.
5. Implementar un programa paralelo para mejorar la educación del público y la comunicación sobre los riesgos y beneficios de las nuevas tecnologías.
6. Maximizar el uso de recursos de internet para disseminar información sobre el MIP, apoyar las redes y mejorar la educación del público y la comunicación.

Conclusiones

1. Para lograr la meta de MIP en un ámbito más amplio, por ejemplo con sistemas que operen optimizando la eficacia de las fuerzas ecológicas de regulación de poblaciones que ocurren naturalmente

⁴ Plantas sanas que se llevan al campo para detectar la presencia de una plaga y de sus enemigos naturales.

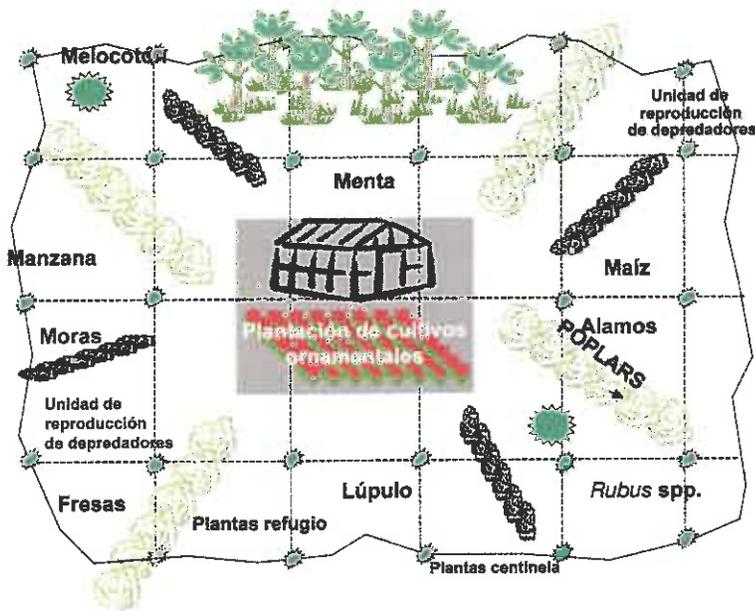


Figura 6. Representación esquemática de un sistema de MIP regional para el ácaro rojo en el Valle Willamette.

(tal como los agentes de control biológico y las defensas naturales de las plantas) es esencial ampliar la escala espacial para el planeamiento estratégico y la implementación de dichos sistemas.

2. La región ecológica, aún al nivel IV, puede ser una escala demasiado grande para la implementación y administración de sistemas de manejo de plagas, pero parece bastante apropiada para el planeamiento estratégico de esos sistemas.
3. Es esencial entender las dinámicas de dispersión de las plagas móviles y las epidemias de las enfermedades, para implementar el MIP a niveles de integración más amplios.
4. Los SIG ofrecen grandes oportunidades para analizar las interacciones de los factores ecológicos, la diversidad de los cultivos y la demografía de las especies polífagas muy móviles. Dichos análisis pueden ser útiles para diseñar nuevos enfoques estratégicos para el MIP.
5. El sistema usado para el manejo de ácaros rojos ilustra las diversas opciones que se presentan cuando se aborda el MIP desde una perspectiva de zona (eco-región o paisaje).
6. Con la toma de decisiones como elemento clave de los sistemas de MIP, debe enfatizarse el potencial de internet para la comunicación rápida de información y herramientas de apoyo para la toma de decisiones.

Literatura citada

Connor, J. 2000. The economics of mating disruption in Pacific Northwest apple and pear. *In* Shenk, M; Kogan, M. Ed. *IPM in Oregon: Achievements and Future Directions*. Oregon

State University Extension Service Special Report 1020. Oregon State University. p. 56-74.

Correa-Ferreira, BS. 2000. Integrated soybean pest management in micro river basins in Brazil. *Integrated Pest Management Reviews* 5(2):75-80.

Croft, BA. 1997. Management of spider mites for biological control and pesticide resistance: A case of landscape level IPM for diverse agriculture in the Pacific Northwest (PNW) United States. *In* Saito, T; Croft, BA. Ed. *Implementing Spider Mite Resistance Management Programs*. Tokio, Japón, Japan Crop Protection Association. p. 27-66.

IPPC. 2000. Report and Plan of Work-USDA-CSREES 2000 http://www.idea.iastate.edu/projects/pprs/annualreport/ipm/old_plans_of_work.asp

Knipling, EF. 1979. The Basic Principles of Insect Population Suppression and Management. *Agriculture Handbook* 512. Washington, DC, USDA-ARS. 659 p.

Kogan, M. 1998. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. *Annual Review of Entomology* 43: 243-270.

Kogan, M; Croft, BA; Sutherst, RF. 1999. Applications of ecology for integrated pest management. *In* Huffaker, CB; Gutiérrez, AP. Ed. *Ecological Entomology*. 2 ed. New York, John Wiley & Sons. p. 681-735.

Riedl, H; Niederholzer, F; Seavert, C. 2000. Integrated fruit production for pome fruit in Hood River: pest management in the integrated fruit production (IFP) program. *In* Shenk, M; Kogan M. Ed. *IPM in Oregon: Achievements and Future Directions*. Oregon State University Extension Service Special Report 1020. p. 43-55.

Stadelbacher, EA. 1985. Management of first generation bollworm and tobacco budworm populations on wild host plants *In* Beltwide Cotton Production Research Conferences (1985, New Orleans). *Proceedings*. p. 150-152.

USDA/ARS. 2000. Areawide Program For Suppression of Codling Moth in the Western United States. Yakima Agricultural Research Laboratory. Wapato, WA.

VanBuskirk, P; Hilton, R; Naumes, L; Westgard, P. 2000. Areawide management of codling moth in pears. *In* Shenk, M; Kogan, M. Ed. *IPM in Oregon: Achievements and Future Directions*. Oregon State University Extension Service Special Report 1020. p. 36-42.

FORO

Desarrollo de estrategias de manejo integrado de plagas para eliminar las barreras sanitarias que restringen la exportación de productos agrícolas

Peter A. Follet¹
Ken W. Vick²

RESUMEN. Las cuarentenas se establecen para proteger a la agricultura de plagas exóticas, dado que la aparición de nuevas plagas puede resultar muy costosa por el aumento en los daños a los cultivos y por las restricciones sanitarias impuestas al comercio. Existen varios métodos para eliminar las plagas exóticas de los productos exportados. El método más común de cuarentena para el control de plagas consiste en una aplicación única de un tratamiento poscosecha al producto, tal como calor, frío o irradiación. Sin embargo, existe una gama de técnicas analíticas y opciones de mitigación. También se han usado tratamientos múltiples o combinaciones, tales como la condición de no ser hospedante, zonas libres de plagas, enfoques de sistemas y una variedad de esquemas de inspección diseñados especialmente como base para el establecimiento de la seguridad cuarentenaria. El mejor ejemplo de un manejo integrado de plagas (MIP) cuarentenario es el enfoque de sistemas. El enfoque integra muchos factores biológicos y físicos con procedimientos operativos para brindar seguridad cuarentenaria en forma acumulativa. Los componentes del enfoque de sistemas pueden variar muchísimo, pero con frecuencia incluyen inventarios de plagas, muestreo y captura, tratamiento de campo, prácticas agrícolas o culturales, resistencia de hospedantes, protección en poscosecha, períodos limitados para cosechar, distribución de ventas limitada y restricciones sobre la madurez de los cultivos en la cosecha. Las defensas múltiples proporcionan redundancia, de modo que si falla una medida de mitigación, existe otra defensa que todavía reduce el riesgo hasta un nivel de insignificancia. Dado que los enfoques de sistemas dependen mucho de un conocimiento acertado de la biología de la plaga y del hospedante y de cómo se relacionan entre sí, los programas pueden requerir mucho tiempo y su implementación resulta muy cara. Las necesidades de investigación para mejorar el MIP cuarentenario son el desarrollo de diseños óptimos de trampas para poblaciones de plagas con niveles bajos, cebos fabricados con feromonas o plantas, estudios de dispersión, tácticas de supresión de plagas en grandes áreas, estudios de las limitaciones ecológicas de las plagas y una metodología mejorada de evaluación de los riesgos.

Palabras clave: Manejo integrado de plagas, Barreras cuarentenarias, Exportación de productos agrícolas.

ABSTRACT. Development of IPM strategies to remove quarantine barriers restricting export of agricultural commodities World trade in fresh fruits and vegetables and other agricultural products is expanding rapidly to meet demands on existing markets and to supply new markets resulting from international trade agreements. Accompanying increased trade in agricultural commodities is the increased risk for inadvertently transporting quarantine pests to countries or regions where they do not already occur. Quarantines are erected to protect agriculture from exotic pests, as the establishment of new pests can be costly due to increased crop damage and quarantine restrictions on trade. Several approaches are available to exclude exotic pests from exported commodities. A single post-harvest treatment applied to the commodity, such as heat, cold, or irradiation, is the most common method of quarantine pest control. However, a range of alternative analytical techniques and mitigation options exist. Multiple or combination treatments, non-host status, pest-free areas, systems approaches, and a variety of specially designed inspection schemes have also provided the basis for establishing quarantine security. The best example of quarantine IPM is the systems approach. The systems approach integrates many biological and physical factors with operational procedures to cumulatively provide quarantine security. The components of the systems approach can vary widely, but commonly include pest

¹ USDA. Servicio de Investigación Agrícola, Centro de Investigación Agrícola en la Cuenca del Pacífico de EE.UU., Hilo, Hawaii. **Estados Unidos.**

² USDA. Servicio de Investigación Agrícola. Beltsville, Maryland. **Estados Unidos.** KWV@ars.usda.gov

survey, trapping and sampling, field treatment, cultural practices, host resistance, post-harvest safeguards, limited harvest period, limited sales distribution, and restrictions on crop maturity at harvest. Multiple safeguards provide redundancy so that if one mitigating measure fails other safeguards exist that still reduce the risk to a negligible level. Since systems approaches rely heavily on a sound knowledge of the pest and host biology and how they relate to each other, the programs can be time-consuming and costly to develop. Research needs to improve quarantine IPM are the development of optimal trapping designs for low level pest populations, improved pheromone or plant-based lures, dispersal studies, large-area pest suppression tactics, studies of the ecological limitations of pests, and improved risk assessment methodology.

Key words: Integrated Pest Management, Quarantine Barriers, Export of agricultural commodities.

Introducción

El comercio mundial de frutas y hortalizas frescas y de otros productos agrícolas está expandiéndose rápidamente para satisfacer las necesidades de los mercados existentes y para abastecer nuevos mercados que surgen de los acuerdos internacionales de comercio. Junto al aumento del comercio de productos agrícolas surge un mayor riesgo de transportar inadvertidamente plagas de importancia cuarentenaria a países o regiones donde no existen. Las cuarentenas se establecen para proteger a la agricultura de plagas exóticas, dado que la aparición de nuevas plagas puede ser muy costosa, debido al aumento en el daño a los cultivos y a las restricciones cuarentenarias al comercio. El costo anual de los daños causados por insectos y ácaros exóticos en Estados Unidos se ha calculado en más de

20 mil millones de dólares (Pimentel *et al.* 2002). Las plagas de importancia cuarentenaria pueden afectar seriamente la comercialización de productos agrícolas, no solo entre países, sino también entre áreas de un mismo país (por ejemplo, entre Florida y California; entre Hawái y Estados Unidos continental; de Queensland a Victoria, en Australia; de Okinawa a Japón) a menos que existan tratamientos o sistemas cuarentenarios aceptados para evitar la introducción de plagas (Fig. 1).

El manejo integrado de plagas (MIP) de cultivos agrícolas promueve el uso de una combinación de tácticas compatibles para mantener las poblaciones de plagas por debajo de los niveles que causan daños económicos, mientras se conserva la calidad del ambiente (Pedigo 1999). El objetivo del MIP en cultivos



Figura 1. Las medidas de cuarentena, tanto en puestos terrestres fronterizos entre países (A) como en aeropuertos internacionales (B), representan la manera preventiva y menos costosa de proteger la agricultura de plagas exóticas. Esto es así porque la introducción de plagas a nuevos ambientes puede resultar muy costosa, no solamente por el aumento en los daños a los cultivos, sino también por las restricciones sanitarias impuestas al comercio internacional.

agrícolas es reducir el nivel de la población de una plaga hasta un nivel tolerable, haciendo énfasis en que la eliminación de una plaga podría no ser práctica o incluso deseable. Como la exclusión es la meta de las plagas de importancia cuarentenaria, el MIP cuarentenario se diferencia del MIP de cultivos, en que al momento de la exportación, la tolerancia de la plaga objetivo en el producto es esencialmente cero. El MIP de cultivos y el MIP cuarentenario se diferencian del control de plagas tradicional en que buscan el manejo de las plagas en el contexto de todo el sistema de producción, en vez de un conjunto de problemas individuales, y en que se utilizan tácticas múltiples para resolver los problemas en vez de depender de una sola táctica, como el uso de plaguicidas o de un solo tratamiento poscosecha.

Aunque un solo tratamiento poscosecha aplicado al producto, tal como calor, frío o irradiación, es aún el método sanitario más común para el control de plagas, existe una gama de técnicas analíticas y opciones de mitigación para prevenir la introducción de plagas exóticas. Algunas de estas nuevas técnicas de control se han diseñado basadas en estrategias de MIP de cultivos. También se han usado tratamientos múltiples o en combinación, tales como la condición de no hospedante, zonas libres de plagas, enfoques de sistemas y una variedad de esquemas de inspección, diseñados especialmente como base para establecer la seguridad cuarentenaria.

A continuación presentamos varios enfoques para la exclusión de plagas de importancia cuarentenaria, con ejemplos del uso de cada enfoque.

Tratamientos poscosecha directos

Los tratamientos para plagas de productos poscosecha que requieren un grado máximo de seguridad cuarentenaria se conocen generalmente como tratamientos "probit 9". El nombre se origina del método estadístico (análisis "probit") que se usa para derivar la relación entre la dosis y su respuesta. Una respuesta en el nivel "probit 9" tiene como resultado una tasa de mortalidad del 99,9968%. El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) ha usado un 99,9986% de mortalidad como base para aprobar muchos tratamientos cuarentenarios. Esta táctica es equivalente a depender únicamente de insecticidas para controlar las plagas de un cultivo. Para productos muy infestados, un tratamiento "probit 9" generalmente proporciona una seguridad cuarentenaria adecuada; y la aplicación del tratamiento, con frecuencia ha de-

mostrado ser el método más rápido y de mayor aceptación para superar las restricciones fitosanitarias.

Muchos tratamientos de desinfección poscosecha afectan negativamente la calidad del producto; por lo tanto, reducir la severidad de un tratamiento cuarentenario podría mejorar la vida útil o su comercio del producto. Landolt *et al.* (1984) señalaron que el estándar "probit 9" podría ser demasiado estricto para productos que raramente están infestados o que no son buenos hospedantes. El método de la eficacia del tratamiento alterno mide el riesgo como la probabilidad de que una pareja en apareamiento o un individuo en edad reproductiva sobrevivan en un envío. Esto sucedería por muchos factores, como: la tasa de infestación, la separación y otros tratamientos de remoción poscosecha en frutas infestadas, el volumen del envío, las condiciones de envío y de almacenamiento y la mortalidad que estas condiciones ocasionan en la plaga, así como otros factores bióticos y abióticos (Liquido *et al.* 1997). La probabilidad del establecimiento de la plaga después del envío depende de muchos factores adicionales, incluyendo la disponibilidad del hospedante y la idoneidad del clima. El principal argumento cuantitativo para no aprovechar la eficacia del tratamiento "probit 9" es una tasa de infestación menor en el producto. Varios sistemas cuarentenarios de plagas y productos son manejados con el enfoque de la eficacia del tratamiento alterno (Follett y McQuate 2001).

Por ejemplo, el rambután en Hawaii no es buen hospedante de *C. illepidia* y *Cryptophlebia ombrodelta*, dos plagas que se alimentan dentro de la fruta. La tasa de infestación se estima en 0,001. Si asumimos que el tratamiento poscosecha brinda eficacia "probit 9" (99,9968% de mortalidad de la plaga), la probabilidad de que sobreviva una pareja en apareamiento de *Cryptophlebia*, en un envío de 10 000 kg de rambután se estima en 0,000027 (una pareja en apareamiento en 37 000 envíos) (Follett y McQuate 2001). Por lo tanto, el tratamiento brinda un nivel excesivo de combate y se podría desarrollar un tratamiento menos severo que proporcione seguridad cuarentenaria adecuada y reduzca los efectos adversos del tratamiento en la calidad del producto. Un beneficio adicional en el uso del enfoque de la eficacia del tratamiento alterno es que se necesitan menos insectos para desarrollar tratamientos cuarentenarios, lo que ahorra tiempo y recursos y ayuda a los agricultores a exportar sus cosechas de manera más oportuna (Follett y McQuate 2001).

Manejo integrado de plagas cuarentenario

El enfoque del MIP cuarentenario usa una combinación de tácticas compatibles para reducir el riesgo de las plagas hasta niveles insignificantes. A continuación se presentan tres enfoques de MIP cuarentenario: a) la condición de no ser hospedante, b) las zonas libres de plagas y c) el enfoque de sistemas, ordenados en secuencia según su nivel de complejidad.

Condición de no hospedante. Se puede exportar un producto si se demuestra que no es hospedante de una plaga durante todo o parte de su ciclo de crecimiento. A menudo, la base fisiológica que explica por qué una plaga de importancia cuarentenaria no prefiere un hospedante, no es totalmente entendida, y por ende, establecer la condición de no hospedante puede ser difícil, porque los investigadores deben realizar estudios de infestación bajo muchas condiciones.

Por ejemplo, recientemente se aprobó la exportación a EE.UU. de bananos "Cavendish" desde Hawaii, con base en la condición de no hospedante. Los bananos maduros son los hospedantes preferidos de la mosca del Mediterráneo (*Ceratitis capitata*) y de la mosca oriental de la fruta (*Bactrocera dorsalis*), en Hawaii, pero las frutas cosechadas antes de su maduración (verdes) no son hospedantes (Armstrong *et al* 2001). Como parte de las regulaciones que permiten la exportación, se deben satisfacer ciertas condiciones: a) los bananos verdes deben lavarse y separarse para eliminar otros insectos plagas de importancia cuarentenaria, además de las moscas de la fruta que podrían estar presentes; b) los racimos que contienen "manos" que han madurado precozmente o que permanecen en la plantación más de una semana después de la fecha programada para la cosecha, no pueden exportarse ni permanecer en las plantas empacadoras al mismo tiempo que los bananos que van a ser exportados; c) imperfecciones o fallas susceptibles a la infestación de moscas de la fruta, incluyendo bananos con cualquier tipo de daño que afecte la integridad de la cáscara y exponga la pulpa a la oviposición de la mosca de la fruta y bananos con puntas podridas, o infestados con la polilla, manos con dedos pegados y bananos que no cumplan con la coloración verde, no pueden ser incluidos junto con las frutas empacadas para exportación. Se están exportando bananos de Hawaii hacia EE.UU. por primera vez desde que se revocó el uso del dibromuro de etileno en 1984, pero el tiempo y los costos de la inspección intensiva en busca de plagas que han pa-

sado los controles, ha limitado las exportaciones a únicamente los mercados especializados más lucrativos.

Zonas libres de plagas. Las zonas libres de plagas son áreas identificadas o establecidas oficialmente en las cuales no existe la plaga "blanco" y esta condición se mantiene (Liquidó *et al.* 1995). La condición de área libre de plagas está dirigida a productos específicos, de áreas geográficas específicas, con base en la ausencia de la plaga objeto o de un complejo de ellas. Las bases para aceptar un área como libre de plagas es una evaluación rigurosa del riesgo de la plaga combinado con una evidencia sólida de la eficacia de la vigilancia y mediciones de la exclusión que mantengan el área sin la plaga. Deben existir instrumentos de inspección sensibles para la detección de las plagas objeto. Una regla general es que los instrumentos de detección deben ser capaces de detectar poblaciones incipientes, antes de que lleguen a la tercera generación y se dispersen en un radio superior a los 2,5 km, de manera que las nuevas infestaciones puedan delimitarse y controlarse para mantener el área libre de la plaga (Liquidó *et al.* 1995). Esto básicamente consiste en colocar una serie de trampas, las cuales previamente se han evaluado para asegurar que los resultados de la captura reflejen con exactitud la situación de la población de la plaga en el campo.

En el caso de las moscas de la fruta, los sistemas de trampas se validan mediante la comparación del número de adultos capturados en las trampas con el número de larvas detectadas al abrir la fruta. Con base en la información obtenida mediante el sistema de trampas, los funcionarios fiscalizadores deciden si la certificación debe continuar, suspenderse o iniciar medidas de supresión de la plaga que garanticen que el área vuelva a cumplir con las normas. La supresión, generalmente, se logra mediante la aplicación de insecticidas o cebos con insecticidas, aunque también se ha usado el método de liberar insectos estériles.

Los esfuerzos para establecer o demostrar que un área está libre de plagas, generalmente tienen mayor éxito cuando existen barreras geográficas, tales como océanos o montañas que ayudan a excluir las plagas, cuando el área está aislada de zonas urbanas y cuando los productos a exportar no son buenos hospedantes o son hospedantes que raramente se infestan con las plagas objeto.

Otro elemento importante en el programa es mantener la identidad de la fruta cosechada en áreas certi-

ficadas, para evitar que se mezclen con frutas de áreas no certificadas. Una de las consideraciones principales para determinar si se establece y mantiene una zona libre de plagas es la economía, pues la vigilancia constante y las medidas reguladoras tienen costos altos.

El primer programa de zona libre de plagas y el de mayor duración se estableció en Chile en 1982. El programa chileno está basado en un programa de vigilancia eficaz de moscas exóticas de la fruta, un fuerte programa de exclusión y la implementación inmediata y exitosa de procedimientos de emergencia cada vez que se detecta un adulto de la mosca del Mediterráneo u otro tipo de mosca de la fruta. Todas las provincias de Chile, excepto Arica, Iquique y Parinacota en el norte, están certificadas como zonas libres de plagas. Más de 25 tipos de frutas de zonas libres de plagas han sido aprobadas como productos de exportación a Estados Unidos, incluyendo manzanas, albaricoques, aguacates, cerezas, kiwis, nectarinas, melocotones, peras y caqui, las chirimoyas y las uvas requieren un tratamiento adicional, por la presencia de otras plagas. El programa de vigilancia está dirigido hacia la mosca del Mediterráneo y las moscas de la fruta del género *Anastrepha*. En Sonora, México existen otros programas de zonas libres de plagas para la exportación a EE.UU. de varias frutas que son hospedantes de la mosca del Mediterráneo y de *Anastrepha* spp. Para el área de Mossoro, Brasil fue aprobada la exportación de melón Honeydew, el cual es hospedante de *Anastrepha grandis*; y para Riverland en Australia se aprobó la exportación de cítricos que son hospedantes de la mosca del Mediterráneo, la mosca de la fruta de Queensland (*Dacus tryoni*) y otras moscas exóticas de la fruta.

Enfoque de sistemas. El mejor ejemplo de un MIP cuarentenario es el enfoque de sistemas. Este enfoque integra muchos factores biológicos y físicos con procedimientos operativos para brindar seguridad cuarentenaria. En general, los enfoques de sistemas son más difíciles de manejar que un tratamiento poscosecha "probit 9" o una zona libre de plagas porque se deben supervisar y monitorear muchos de los componentes para garantizar su cumplimiento (Liquido *et al.* 1995). Los componentes del enfoque de sistemas pueden variar mucho, pero comúnmente incluyen inventarios de plagas, captura mediante trampas y muestreo, tratamientos de campo, prácticas agronómicas, resistencia de los hospedantes, protección poscosecha, períodos de cosecha limitados, distribución limitada de las ven-

tas, y restricciones sobre la madurez de los cultivos al momento de la cosecha. Las múltiples defensas proporcionan redundancia, de modo que si falla una medida de mitigación, existen otras defensas que reducen el riesgo hasta un nivel de insignificancia. Dado que los enfoques de sistemas dependen mucho del conocimiento detallado de la biología de la plaga y del hospedante y de cómo se relacionan entre ellos, los programas pueden tomar mucho tiempo y pueden ser muy caros de desarrollar.

Los cítricos en Florida son un ejemplo de una aplicación actual y exitosa del enfoque de sistemas (Liquido *et al.* 1995). En este caso, este enfoque surgió a partir de un programa de zona libre de plagas iniciado a principios del decenio de los 80. La mosca de la fruta del Caribe (*Anastrepha suspensa*), no se considera una plaga de importancia económica en Florida, pero ocasionalmente ataca las frutas. Las exportaciones de cítricos a otros estados donde también se cultivan cítricos, así como al exterior, se permite con un enfoque de sistemas, el cual incluye la condición de ser un hospedante no preferido, la remoción de los hospedantes preferidos (la guayaba Cattle, la guayaba común, la manzana rosa, las cerezas Surinam y los nísperos), áreas de siembra establecidas como amortiguamiento, trampas, tratamientos de campo, períodos restringidos de cosecha y corte de la fruta.

Generalmente, hay dos vías de certificación (Riherd *et al.* 1994). Una se basa en trampas en huertos de por lo menos 120 ha y a más de 4,8 km de distancia de áreas residenciales (donde está la mayoría de los hospedantes preferidos); la otra se basa en aplicación de malatión en huertos de por lo menos 16 ha y a 0,8 km de áreas residenciales. En ambos casos, se utilizan trampas McPhail, colocando 15 trampas por 2,56 km². Si se detectan especímenes de *A. suspensa* en las trampas en un área designada o en su zona amortiguamiento, hay un procedimiento que elimina el estatus de área elegible hasta que sea fumigada y se vuelva a certificar. El costo del programa de certificación lo asumen los agricultores, a quienes se les cobra una cuota por hectárea por cada mes que participan. Funcionarios fiscalizadores realizan o supervisan muy bien todas las fases del programa, que incluye inventarios de hospedantes, trampas, conservación de la identidad de la fruta, tratamiento de fumigación, el empaqueo y la carga (Riherd *et al.* 1994).

Otros ejemplos del enfoque de sistemas son las naranjas mandarinas de Japón, los chiles dulces de Israel,

los cítricos de Texas y los frutales de la familia Rosaceae de California (Shannon 1994, Liquido *et al.* 1995). El USDA generalmente prohíbe la entrada de cítricos frescos desde lugares donde existe cáncer de los cítricos; a las naranjas mandarina ('Unshu') de Japón solo se les permite entrar a EE.UU. con un enfoque de sistemas que requiere un área de crecimiento establecida, con una zona amortiguadora, inspecciones de campo, tratamiento de la superficie, variedades resistentes, inspección y distribución limitada en EE.UU. Generalmente, el USDA prohíbe importar chiles dulces de áreas con presencia de la mosca del Mediterráneo. Se permite el ingreso a los chiles dulces de Israel con un enfoque de sistemas que incluye el cultivo del hospedante en invernaderos a prueba de moscas, ubicar el invernadero en zonas libres de mosca del Mediterráneo o donde sea poco común, el uso de trampas en las áreas aledañas y el uso de empaques a prueba de moscas.

Otro ejemplo es la mosca de la fruta de México (*Anastrepha ludens*), la cual está presente en el sur de Texas y es una plaga seria de los cítricos. Un enfoque de sistemas permite la movilización interestatal de naranjas y toronjas de tres condados en el Valle del Río Grande, después de que las tres áreas estén certificadas, se liberen moscas estériles, se usen trampas y un tratamiento con cebos y malatión.

La polilla oriental de la fruta (*Grapholita molesta*) es una plaga de los melocotones, las nectarinas y los albaricoques en el Valle de San Joaquín en California. *G. molesta* no está presente en la Columbia Británica, Canadá ni México, donde existen fuertes mercados para la fruta californiana. Como alternativa a la aplicación de productos sintéticos, se ha desarrollado un enfoque de sistemas para el control de esta plaga, basado en la participación de los agricultores, el control en las plantaciones, el monitoreo utilizando trampas y podas, medidas de sanidad en las instalaciones de empaque y corte de la fruta, y certificaciones de los envíos e inspecciones en el punto de entrada, para garantizar que las frutas exportadas estén sin moscas (Canadian Food Inspection Agency 2001, USDA-APHIS-PPO 2000).

Necesidades de investigación

La investigación en varios temas aumentará nuestra capacidad para aplicar los principios del MIP a los problemas de cuarentena. Se han desarrollado y evaluado modelos teóricos sobre diseños óptimos de trampas, pero se considera que la distribución espacial de las trampas usadas para detectar incursiones de

moscas de la fruta podría no ser adecuada para detectar niveles bajos de poblaciones incipientes. Se necesita información empírica de los estudios de campo sobre invasiones de plagas, tanto reales como simuladas, para probar las hipótesis de los modelos. La eficacia de las trampas es un componente importante de los programas de inspección y detección.

La eficacia de una trampa es determinada por su ubicación, capacidad de atracción, ámbito de atracción de la plaga objeto y densidad de trampas. Esta se determina, en parte, por el costo de las trampas y su servicio, y por los recursos disponibles para el programa de vigilancia. Un mayor perfeccionamiento de cebos con feromonas y atrayentes vegetales mejorará la capacidad de detección.

La evaluación basada en modelos de diseño de trampas depende mucho de la información sobre la dispersión de las plagas. Sin embargo, los estudios realistas sobre la dispersión de las plagas son escasos y muy difíciles de realizar. En la mayoría de los casos, los experimentos de marcado y recaptura recuperan solamente una fracción de los insectos liberados y dejan a los investigadores preguntándose: ¿qué fracción de los individuos restantes murió antes de volver a ser capturados y cuál fracción se dispersó más allá del área de recaptura? Se necesitan, urgentemente, estudios rigurosos y bien diseñados de dispersión de plagas de importancia cuarentenaria.

Actualmente se usan tácticas de supresión de plagas en áreas grandes, o tácticas de erradicación para controlar los brotes de plagas exóticas. Las tácticas incluyen control biológico, uso de plaguicidas, sustancias atrayentes como cebos (cebos atrayentes), liberación de insectos estériles, manipulación del hábitat, o combinaciones de éstas. Algunos de los factores que favorecen el éxito en un programa de supresión o de erradicación son la pronta iniciación del programa después de la detección, la mala adaptación de la plaga al nuevo ambiente, la especificidad del hospedante o del hábitat, la baja tasa de reproducción y pocas generaciones al año, las técnicas de monitoreo eficientes y baratas para niveles bajos de infestación, buenos incentivos económicos y un programa eficaz de educación pública (Myers *et al.* 1998). Muchos programas de erradicación no han tenido éxito, y a menudo la supresión es una meta más realista (Myers *et al.* 1998).

La introducción y ubicación de cada una de las plagas presenta una situación singular, y la informa-

ción que se necesita obtener mediante la investigación varía conforme a esto. Por ejemplo, la competitividad de los machos para aparearse a menudo se reduce en los programas de liberación de insectos estériles y, generalmente, se desconoce el mecanismo que provoca esa reducción. Investigaciones recientes muestran que la aromaterapia con aceite de jengibre mejora el apareamiento de la mosca del Mediterráneo con machos estériles y la alimentación con metil eugenol mejora la competitividad de los machos estériles de la polilla oriental de la fruta durante el apareamiento (Shelly 2001, Shelly, com. pers). Por ello, la exposición de los machos estériles a compuestos químicos exógenos puede mejorar la eficacia de los programas de liberación de insectos estériles.

El conocimiento de las limitaciones ecológicas de las plagas exóticas ayudará a enfocar los esfuerzos de vigilancia y, potencialmente, permitirá comerciar los productos de zonas libres de plagas o exportar productos agrícolas a áreas donde la plaga no se establecerá debido al clima o la ausencia de hospedantes. Esta información también ayudará a predecir el grado y los límites del ámbito de expansión de la plaga, cuando ésta se establece en un lugar donde antes no estaba.

Un mayor conocimiento de las plagas exóticas relacionado con el producto hospedante mejorará las valoraciones del riesgo de estas plagas. Los elementos esenciales de una valoración del riesgo de una plaga son el grado de infestación del producto y la tasa máxima de infestación en el país o la región exportadora, la probabilidad de entrada, la probabilidad de establecimiento y las consecuencias de esto. La información cuantitativa de gran exactitud sobre la biología de la infestación de la plaga es un primer paso crítico, pero a menudo constituye el eslabón más débil en la valoración del riesgo. La plaga puede ser común en el producto, en cuyo caso podría ser necesario utilizar un tratamiento "probit 9", o podría ser escaso, por el sistema de manejo, la falta de idoneidad del hospedante o el uso de cultivares resistentes, asincronía fenológica entre la plaga y el producto, o limitaciones ecológicas. Se debe usar la frecuencia y distribución de las plagas en el producto para determinar el nivel de inspección necesario para detectar las plagas. Sin embargo, esto casi no se hace. Se ha usado el análisis de escenarios y simulaciones de Monte Carlo para predecir el riesgo (Griffin y Millar 1994, Phillips *et al.* 1994). Los enfoques con modelos de predicción serán útiles

para identificar vacíos de conocimiento y para señalar los estudios empíricos necesarios con el fin de mejorar la precisión de los modelos.

Literatura citada

- Armstrong, JW. 2001. Quarantine security of bananas at harvest maturity against Mediterranean fruit fly and oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 94:302-314.
- Canadian Food Inspection Agency. 2001. Pilot project for the oriental fruit moth certification program. Directive D-99-04. Ontario, Plant Health and Production Division, Plant Products Directorate, Canadian Food Inspection Agency. 13 p.
- Follett, PA; McQuate, GT. 2001. Accelerated development of quarantine treatments for insects on poor hosts. *J. Econ. Entomol.* 94:1005-1011.
- Griffin, RL; Miller, CE. 1994. Scenario analysis for the risk of Pine Shoot Beetle outbreaks resulting from the movement of pine logs from regulated areas. Hyattsville, MD, USDA, Animal and Plant Health Inspection Service.
- Landolt, PJ; Chambers, DL; Chew, V. 1984. Alternative to the use of probit 9 mortality as a criterion for quarantine treatments of fruit fly (Diptera: Tephritidae) infested fruit. *J. Econ. Entomol.* 77:285-287.
- Liquido, NJ; Griffin, RL; Vick, KW. 1997. Quarantine security for commodities: current approaches and potential strategies. USDA Publ. Series 1996-04.
- Myers, JH; Savoie, A; Van Randen, E. 1998. Eradication and pest management. *Annu. Rev. Entomol.* 43: 471-491.
- Pedigo, LP. 1999. *Entomology and Pest Management*. Upper Saddle River, NJ, Prentice-Hall.
- Phillips, D; Roberts, W; Chandrashekar, M. 1994. Pest risk analysis of seedborne pests of barley, wheat, maize, and sorghum from the USA and Canada, Part 2: The level of risk of establishment of key groups of identified pests in relation to proposed management protocols for the import of bulk cereal grains. Canberra, Australia, Bureau of Resource Sciences, Australian Quarantine and Inspection Service (AQIS).
- Pimentel, D; Lach, L; Zúñiga, R; Morrison, D. 2002. Environmental and economic costs of alien arthropods and other organisms in the United States. *In* Hallman, GJ; Schwalbe, CP. Ed. *Invasive Arthropods and Agriculture: Problems and Solutions*, Enfield, NH, Science Publishers. *En prensa*.
- Riherd, C; Nguyen, R; Brazzel, JR. 1994. Pest free areas. *In* Sharp, JL; Hallman, GJ. Ed. *Quarantine Treatments for Pests of Food Plants*. Boulder, CO, Westview Press. p. 213-223.
- Shannon, MJ. 1994. APHIS. *In* Sharp JL; Hallman, GJ. Ed. *Quarantine Treatments for Pests of Food Plants*. Boulder, CO, Westview Press. p. 1-10.
- Shelly, TE. 2001. Exposure to alpha-copaene and alpha-copaene-containing oils enhances mating success of male Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 94:497-502.
- USDA-APHIS, Plant Protection and Quarantine; Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural de México; Comisión Nacional de Sanidad Agropecuaria, Dirección General de Sanidad Vegetal. 2000. Work plan for the pilot program for the exportation of peaches and nectarines under systems approach from the United States to Mexico. México, USDA-APHIS International Services. 20 p.

Biodiversidad y diseño agroecológico: un estudio de caso de manejo de plagas en viñedos

Clara Nicholls¹
Miguel Altieri¹

RESUMEN. La evidencia experimental demuestra que en agroecosistemas modernos la biodiversidad puede ser utilizada para mejorar los programas de manejo de plagas. Varios estudios han demostrado que en los agroecosistemas es posible estabilizar las comunidades de insectos diseñando sistemas agrícolas diversos, tales como policultivos y sistemas agroforestales, cultivos de cobertura, etc., que estimulan las poblaciones de enemigos naturales o que exhiben efectos directos y adversos sobre los insectos plaga. Este artículo analiza varias opciones de diseño de agroecosistemas que, basados en la teoría agroecológica, deberían incrementar la biodiversidad funcional para regular las poblaciones de plagas en campos de cultivo. Se presenta un estudio de caso en California, donde la diversificación de un viñedo orgánico, mediante cultivos de cobertura y un corredor de vegetación natural, logró un control biológico eficaz de saltahojas ó chicharritas y trips mediante la acción de un complejo abundante y diverso de enemigos naturales, favorecidos por las prácticas de manejo de hábitat implementadas.

Palabras clave: Agroecosistemas, Biodiversidad, Manejo integrado de plagas, Diseño de agroecosistemas.

ABSTRACT. Biodiversity and agroecological design: a case study of pest management in vineyards. In modern agroecosystems, the experimental evidence suggests that biodiversity can be used for improved pest management. Several studies have shown that it is possible to stabilize the insect communities of agroecosystems by designing vegetationally diverse cropping systems (i.e. polycultures and agroforestry systems, cover cropping in orchards and vineyards, etc) that support and enhance populations of natural enemies or that have direct deterrent effects on pest herbivores. This article analyzes various options of agroecosystem design which, based on current agroecological theory, should lead to enhancement of functional biodiversity for pest regulation in crop fields. The paper is illustrated by a case study in California, where the diversification of an organically managed vineyard with cover crops and a vegetational corridor resulted in effective biological control of leafhoppers and thrips through the action a diverse and abundant complex of natural enemies favored by the specific habitat management schemes used.

Key words: Agroecosystems, Biodiversity, Integrated pest management, Cropping systems designed.

Introducción

Muchos científicos han comenzado a reconocer el papel y la importancia de la biodiversidad en el funcionamiento de los sistemas agrícolas. En ecosistemas naturales, la regulación interna de su funcionamiento es sustancialmente un producto de procesos y sinergias ligadas a la biodiversidad (Altieri 1994). Esta forma de control se pierde progresivamente con la intensifi-

cación y la simplificación agrícola, por tanto, los monocultivos deben ser subvencionados con altos niveles de insumos sintéticos para que puedan funcionar (Thrupp 1998).

La preparación de la cama de semillas y la siembra mecanizada reemplazan los métodos naturales de dispersión de semillas; los plaguicidas sintéticos reempla-

¹ Universidad de California, Berkeley, California, Estados Unidos. nicholls@uclink.berkeley.edu, agroeco@nature.berkeley.edu

zan los controles naturales de las poblaciones de insectos y patógenos; y la manipulación genética reemplaza los procesos naturales de evolución y selección de plantas. También se altera la descomposición porque las plantas se cosechan y la fertilidad del suelo se mantiene, pero no mediante el reciclamiento biológico de nutrientes sino con el uso de fertilizantes (Gliessman 1998).

Una de las razones más importantes para mantener y/o incrementar la biodiversidad natural es porque ésta proporciona una gran variedad de servicios ecológicos (Altieri 1994). En ecosistemas naturales, la cubierta vegetativa de un bosque o pradera previene la erosión del suelo, regula el ciclo del agua, controlando inundaciones, reforzando la infiltración y reduciendo la escorrentía del agua. En sistemas agrícolas, la biodiversidad cumple funciones que van más allá de la producción de alimentos, fibra, combustible e ingresos. Algunas de éstas funciones son el reciclamiento de nutrientes, el control del microclima local, la regulación de procesos hidrológicos locales, la regulación de la abundancia de organismos indeseables, y la detoxificación de residuos químicos nocivos.

Estos procesos de renovación y servicios del ecosistema son principalmente biológicos, por lo que su persistencia depende del mantenimiento de la diversidad biológica o biodiversidad. Cuando estos servicios naturales se pierden por la simplificación biológica, los costos económicos y ambientales pueden ser significativos. En la agricultura, los costos económicos incluyen la aplicación de insumos externos costosos, tales como fertilizantes y plaguicidas, dado que los agroecosistemas que han sido privados de sus componentes funcionales básicos no tienen la capacidad para subsidiar la fertilidad del suelo y regular las plagas. En muchos casos estos costos involucran una reducción en la calidad de la vida rural debido a la degradación del suelo, la pérdida de la calidad del agua y de los alimentos cuando se produce contaminación por plaguicidas o nitratos (Altieri 1995).

En ninguna otra situación son más evidentes las consecuencias de la reducción de la biodiversidad que en el manejo de plagas agrícolas. La inestabilidad de los agroecosistemas se manifiesta a través del incremento de los problemas de insectos plaga, ligados a la expansión de monocultivos a expensas de la vegetación natural, disminuyendo la diversidad del hábitat local (Altieri y Letourneau 1982, Flint y Roberts 1988). Las comunidades de plantas que se modifican para satisfacer las necesidades especiales de los huma-

nos quedan inevitablemente sujetas a daños por plagas. Generalmente, mientras más intensa sea la modificación de estas comunidades más abundantes y serios son los problemas de plagas.

En la literatura agrícola están bien documentados los efectos de la reducción de la diversidad de plantas sobre las irrupciones de herbívoros plagas y patógenos (Andow 1991, Altieri 1994). Las reducciones drásticas en la biodiversidad de plantas y los efectos epidémicos resultantes pueden afectar adversamente la función del ecosistema provocando consecuencias graves sobre la productividad y sustentabilidad agrícola.

La evidencia experimental sugiere que en los agroecosistemas modernos la biodiversidad puede usarse para el manejo óptimo de plagas (Andow 1991, Altieri y Letourneau 1994). Varios estudios han demostrado que es posible estabilizar las comunidades de insectos en los agroecosistemas mediante el diseño de arreglos espaciales y temporales de la vegetación que mantiene las poblaciones de enemigos naturales o que tienen un efecto disuasivo directo sobre los herbívoros (Perrin 1980, Risch *et al.* 1983).

Este artículo analiza varias opciones de diseño de agroecosistemas, que basados en la teoría agroecológica actual, llevan el uso óptimo de la biodiversidad funcional para el control biológico de plagas en plantaciones agrícolas. Estos principios se ilustran con un estudio de caso de un viñedo orgánico diversificado con cultivos de cobertura y un corredor biológico, en el norte de California.

La naturaleza y función de la biodiversidad

La biodiversidad se refiere a todas las especies de plantas, animales y microorganismos que existen e interactúan recíprocamente dentro de un ecosistema. El concepto también se puede extender a la variedad genética asociada a estas especies y a los ecosistemas en que se encuentran los organismos. En todos los agroecosistemas existen polinizadores, enemigos naturales, lombrices de tierra y microorganismos del suelo, todos componentes claves de la biodiversidad que cumplen funciones ecológicas importantes, al mediar procesos como introgresión genética, control natural, reciclamiento de nutrientes, descomposición, etc. (Fig. 1). El tipo y la abundancia de biodiversidad depende de la estructura y manejo del agroecosistema en cuestión. Southwood y Way (1970) señalaron que en general, el nivel de biodiversidad de insectos en los agroecosistemas depende de cuatro características principales: a) la diversidad de vegetación en y alrededor del

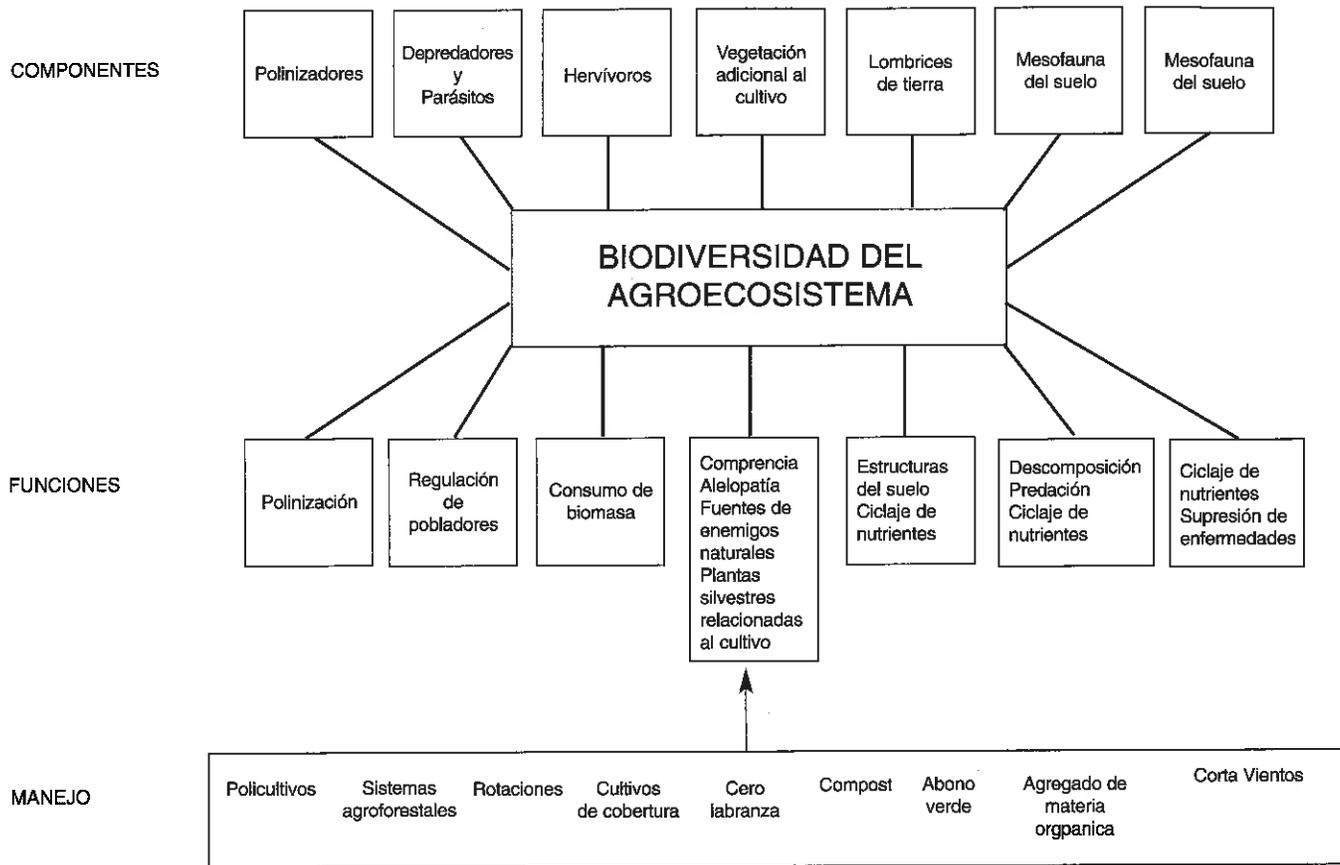


Figura 1. Componentes, funciones y estrategias de mejoramiento de la biodiversidad en agroecosistemas (según Altieri, 1991).

agroecosistema; b) la durabilidad del cultivo dentro del agroecosistema; c) la intensidad del manejo y d) el aislamiento del agroecosistema con respecto a la vegetación natural.

En general, un agroecosistema que es más diverso, más permanente, rodeado de vegetación natural y que se maneja con pocos insumos (p. ej., sistemas tradicionales de policultivos y agrosilvopastoriles) exhibe procesos ecológicos muy ligados a la amplia biodiversidad del sistema. Esto no sucede en sistemas simplificados (monocultivos modernos) que debido a sus bajos niveles de biodiversidad funcional deben ser subsidiados con insumos externos.

Todos los agroecosistemas son dinámicos y están sujetos a diferentes tipos de manejo, por tanto, los arreglos de cultivos en el tiempo y en el espacio están cambiando continuamente, de acuerdo con factores biológicos, socioeconómicos y ambientales. Tales variaciones en el paisaje determinan el grado de heterogeneidad característica de cada región agrícola, la que

a su vez condiciona el tipo de biodiversidad presente y la cual puede o no beneficiar la protección de cultivos en agroecosistemas particulares. Uno de los mayores desafíos para los agroecólogos es identificar conjuntos de biodiversidad, ya sea a nivel del campo o paisaje, que darán resultados favorables tales como regulación de plagas. El desafío de diseñar tales arquitecturas solamente se podrá enfrentar estudiando las relaciones entre la diversificación de la vegetación y la dinámica poblacional de los herbívoros y sus enemigos naturales asociados en agroecosistemas particulares.

Los componentes de la biodiversidad en agroecosistemas se pueden clasificar de acuerdo a la función que cumplen en el agroecosistema. Según esto, la biodiversidad se puede agrupar como:

- a) **Biodiversidad productiva:** cultivos, árboles y animales que son elegidos por los agricultores y que constituyen el nivel básico de diversidad útil en el sistema.

- b) Biota funcional: organismos que contribuyen a la productividad a través de la polinización, control biológico, descomposición, etc.
- c) Biota destructiva: malezas, insectos plaga y patógenos que reducen la productividad cuando alcanzan niveles poblacionales altos.

Estas categorías pueden agruparse en otra forma, propuesta por Vandermeer y Perfecto (1995), quienes reconocen dos tipos de componentes de la biodiversidad. El primer componente, que es la biodiversidad planificada o productiva, incluye los cultivos y animales incluidos en el agroecosistema por el agricultor, la cual variará de acuerdo al manejo y los arreglos de cultivos. El segundo componente, la biodiversidad asociada, incluye la flora y fauna del suelo, los herbívoros, descomponedores y depredadores, que colonizan al agroecosistema desde los ambientes circundantes y que permanecerán en el agroecosistema dependiendo del tipo de manejo adoptado. La relación entre los dos componentes de biodiversidad se ilustra en la figura 2.

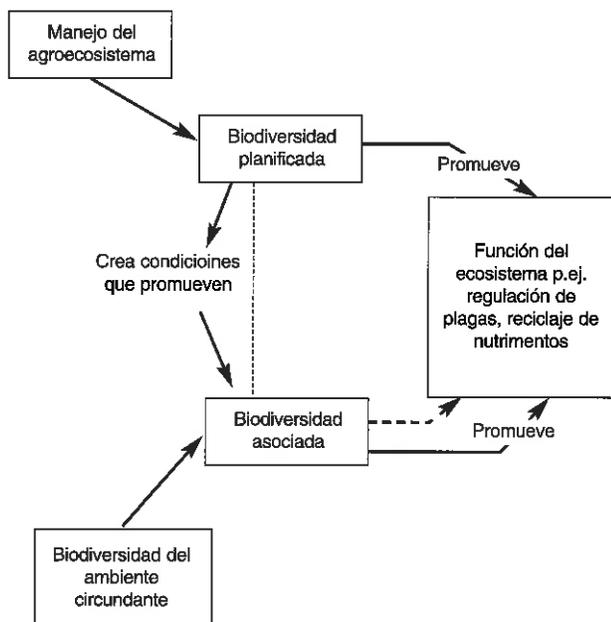


Figura 2. La relación entre los varios tipos de biodiversidad y el funcionamiento de agroecosistemas.

La biodiversidad planificada tiene una función directa como lo señala la flecha que relaciona el recuadro de biodiversidad planificada y el recuadro de la

función del agroecosistema (Fig. 2). La biodiversidad asociada también tiene una función, pero está mediada por la biodiversidad planificada que también exhibe una función indirecta. Por ejemplo, en un sistema agroforestal los árboles crean sombra, y esto permite que sólo crezcan cultivos tolerantes a la sombra. Por lo tanto, la función directa de los árboles es crear sombra. Pero asociadas a los árboles existen pequeñas avispas que buscan el néctar en las flores de los árboles. Estas avispas son parasitoides naturales de plagas que normalmente atacan a los cultivos. Las avispas son parte de la biodiversidad asociada. Así los árboles crean sombra (función directa) y atraen avispas (función indirecta) (Vandermeer y Perfecto 1995).

Es clave identificar el tipo de biodiversidad que es deseable mantener o incrementar de manera que se puedan concretar las funciones (o servicios) ecológicos, y determinar cuáles son las mejores prácticas de manejo para incrementar la biodiversidad deseada. Como se observa en la figura 3, existen muchas prácticas agrícolas que tienen el potencial de incrementar la biodiversidad funcional, y otras de inhibirla o reducirla. Lo importante es utilizar las prácticas que incrementen la biodiversidad y que ésta, a su vez, tenga la capacidad de subsidiar la sostenibilidad del agroecosistema al aportar servicios ecológicos como el control biológico, el reciclamiento de nutrientes, la conservación de suelo y agua, entre otros.

Patrones de biodiversidad de insectos en agroecosistemas

La diversidad de artrópodos ha sido correlacionada con la diversidad vegetal en los agroecosistemas. En general, una mayor diversidad de plantas implica una mayor diversidad de herbívoros, y esto a su vez determina una mayor diversidad de depredadores y parasitoides, creándose cadenas tróficas complejas. Una biodiversidad total mayor puede asegurar la optimización de los procesos ecológicos claves y, así el funcionamiento de los agroecosistemas (Altieri 1984).

Hay varias hipótesis que respaldan la idea de que los sistemas diversificados estimulan una mayor biodiversidad de artrópodos (Altieri y Letourneau 1982), tales como:

1. *Heterogeneidad de hábitat.* Los sistemas de cultivos complejos albergan más especies que los hábitats agrícolas simplificados. Los sistemas con aso-

ciaciones heterogéneas de plantas poseen más biomasa, recursos alimenticios y persistencia temporal; por lo tanto, poseen más especies de insectos asociadas con respecto a los sistemas de monocultivo. Aparentemente la diversidad de especies vegetales y la diversidad estructural de plantas son importantes para determinar la diversidad de insectos.

2. *Depredación.* El incremento de la abundancia de depredadores y parasitoides en diversas asociaciones de plantas reduce la densidad de presas/hospedantes (Root 1973), por lo que la competencia entre herbívoros se reduce, lo que a su vez permite la adición de nuevas especies de herbívoros que sostienen a más especies de enemigos naturales.
3. *Productividad.* En general, los policultivos son más productivos que los monocultivos (Francis 1986, Vandermeer, 1989). Este incremento de la productividad favorece una mayor biodiversidad de insectos, dada la mayor abundancia de recursos alimenticios.
4. *Estabilidad.* Esta hipótesis asume que la productividad en policultivos es más estable y predecible que en monocultivos. La mayor productividad, junto con la heterogeneidad de agroecosistemas complejos, permite a los insectos dividir el ambiente temporal y espacialmente, de modo que coexisten más especies.

Existen varios factores ambientales que afectan la diversidad, abundancia y actividad de parasitoides y depredadores en los agroecosistemas: condiciones microclimáticas, disponibilidad de alimentos (agua, polen, presas, etc.), recursos del hábitat (sitios de reproducción, refugio, etc.), competencia inter-específica y presencia de otros organismos (hiperparásitos, depredadores, etc.). Los efectos de cada uno de estos factores variará de acuerdo al arreglo espacio-temporal de los cultivos y a la intensidad de manejo; debido a que estos atributos afectan la heterogeneidad ambiental de los agroecosistemas (van den Bosch y Telford 1964).

A pesar de que los enemigos naturales varían mucho en su respuesta a la distribución, densidad y dispersión de los cultivos, la evidencia señala que ciertos atributos estructurales del agroecosistema (diversidad vegetal, niveles de insumos, etc.) influyen significativamente en la dinámica y diversidad de depredadores y parasitoides. La mayoría de estos atributos se relacionan con la biodiversidad y están sujetos al manejo (p.

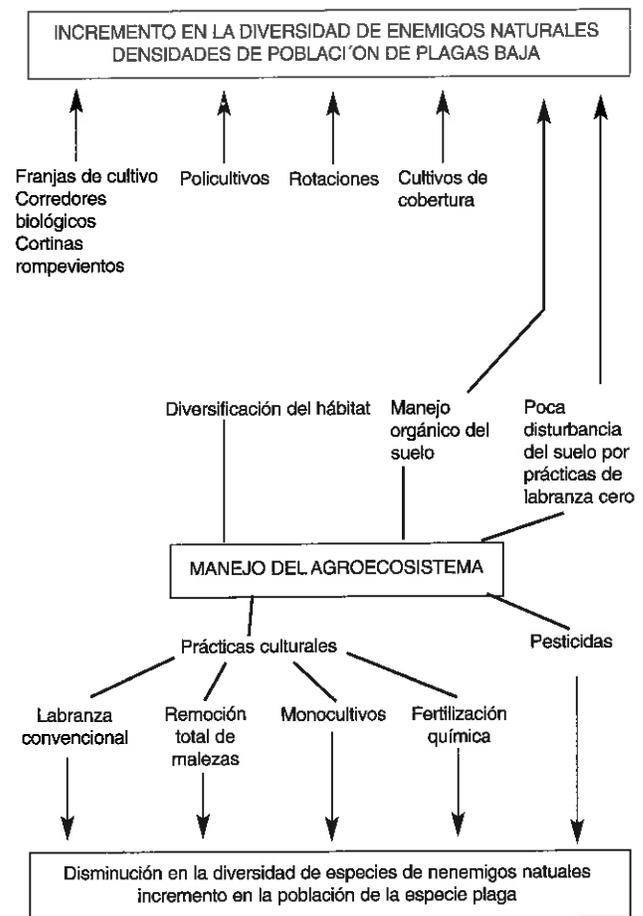


Figura 3. Efectos del manejo del ecosistema y prácticas culturales asociadas con diversidad de enemigos naturales y abundancia de insectos plaga.

ej., asociaciones y rotaciones de cultivos, presencia de malezas en floración, diversidad genética, etc.). Rabb *et al.* (1976) y Altieri y Whitcomb (1979) señalan que con base en la información disponible, la biodiversidad de enemigos naturales y su eficacia se pueden incrementar en los agroecosistemas de las siguientes maneras: a) mediante introducciones múltiples de enemigos naturales a través de enfoques aumentativos de control biológico; b) reduciendo la mortalidad de los enemigos naturales, al eliminar plaguicidas; c) proporcionando recursos alimenticios como polen, néctar, presas/hospedantes; d) incrementando la diversidad vegetal dentro y alrededor del cultivo; y e) manipulando los atributos arquitectónicos, genéticos y químicos de las plantas, tales como kairomonas que estimulan la capacidad de búsqueda y la retención de los enemigos naturales en el campo.

Biodiversidad vegetal y estabilidad de poblaciones de insectos en agroecosistemas

Desde 1970 la literatura contiene cientos de ejemplos de experimentos en los que se documenta que mediante la diversificación de cultivos se logra la reducción de poblaciones de herbívoros plaga (Andow 1991, Altieri 1994). En la mayoría de los experimentos donde se evaluaron asociaciones de un cultivo principal con otras especies vegetales no hospedantes de una plaga específica, se determinó que la población de la plaga era menor en las asociaciones que en los monocultivos (Root 1973, Cromartie 1981, Risch *et al.* 1983). En monocultivos, los herbívoros logran una mayor colonización, mayor reproducción, mayor tiempo de permanencia en el cultivo, menor dificultad para encontrar el cultivo y menor mortalidad debida a enemigos naturales.

Hay varios factores que le permiten a los policultivos limitar el ataque de las plagas. El cultivo puede estar protegido de las plagas por la presencia física de otro cultivo más alto que estaría actuando como barrera o camuflaje. La asociación de repollo con tomate reduce las poblaciones de la palomilla del repollo (*Plutella xylostella*), mientras que las mezclas de maíz, frijol y calabaza tienen el mismo efecto sobre crisomélidos del género *Diabrotica*. El olor de algunas plantas también puede afectar la capacidad de búsqueda de ciertas plagas. Los bordes de pasto repelen a cicadélidos como *Empoasca fabae* del frijol y los estímulos químicos de la cebolla no permiten a ciertas especies de moscas del género *Psila* encontrar la zanahoria sembrada en policultivo (Altieri 1994).

También hay cultivos que dentro de una combinación pueden actuar como cultivo trampa. La siembra de franjas de alfalfa en plantaciones de algodón atraen al chinche *Lygus*; aunque hay una pérdida de área dedicada a la alfalfa, esto representa un menor costo comparado con el costo del control de la plaga sino estuviera la alfalfa (Flint y Roberts 1988). Los cultivos de repollo y brócoli sufren menos daño por áfidos y crisomélidos cuando se intercalan con crucíferas silvestres que actúan como atrayentes de estas plagas (Landis *et al.* 2000).

Hay dos hipótesis que explican la menor abundancia de herbívoros en policultivos: la de la concentración de recursos y la de los enemigos naturales (Smith y McSorely 2000). Ambas hipótesis señalan que pueden haber diferentes mecanismos actuando en agroecosistemas distintos y tienden a sugerir los tipos de conjuntos de vegetación que poseen efectos regu-

ladores y los que no lo hacen, y bajo qué circunstancias agroecológicas y qué tipo de manejo (Root 1973). De acuerdo a estas hipótesis, una menor densidad de herbívoros puede ser el resultado de una mayor depredación y parasitismo, o alternativamente el resultado de una menor colonización y reproducción de plagas ya sea por repelencia química, camuflaje o inhibición de alimentación por parte de plantas no hospedantes, prevención de inmigración u otros factores (Andow 1991).

En un experimento donde se controló la diversidad vegetal en sistemas de praderas se determinó que en la medida en que se incrementaba el número de especies de plantas en la pradera, aumentaba la productividad del ecosistema y el uso de los nutrientes era más eficiente (Tilman *et al.* 1996). Este mismo patrón ocurre frecuentemente en agroecosistemas, donde la regulación de insectos plaga se incrementa con el aumento de especies de plantas. La evidencia demuestra que en la medida que se incrementa la diversidad vegetal, la reducción de plagas alcanza un nivel óptimo, lográndose rendimientos más estables.

Aparentemente, mientras más diverso es el agroecosistema y menos perturbada es la diversidad, aumentan los nexos tróficos, desarrollándose sinergismos que promueven la estabilidad en las poblaciones de insectos. Sin embargo, es claro que esta estabilidad depende no sólo de la diversidad trófica, sino más bien de la respuesta que está asociada a la densidad que tengan los niveles tróficos más altos (Southwood y Way 1970). En otras palabras, la estabilidad depende de la precisión de la respuesta de cada nivel trófico al incremento poblacional en un nivel inferior. Aunque no existen conexiones simples entre diversidad de especies y estabilidad en ecosistemas, lo clave para alcanzar la regulación biótica es la diversidad selectiva y no una colección de especies al azar (Dempster y Coaker 1974).

En estudios realizados en los últimos años se demuestra que las características funcionales de las especies que componen los agroecosistemas son tan importantes como el número total de especies. Los papeles funcionales representados por las especies de plantas son claves para determinar procesos y servicios en los agroecosistemas (Tilman *et al.* 1996). Esto tiene implicaciones prácticas para el manejo del hábitat. Si es más fácil emular un proceso ecológico específico que duplicar la complejidad de la naturaleza, entonces se deberían realizar esfuerzos para incorporar un componente específico de la biodiversidad que cum-

pla un papel especial (p. ej. que fija nitrógeno o que sus flores atraen parasitoides). Dependiendo de las condiciones del agricultor, todo lo que necesita podría ser una rotación o la adición de un cultivo asociado. En el caso de agricultores de pocos recursos, que no pueden correr muchos riesgos, probablemente la mejor opción sea la adopción de policultivos muy diversos.

Desde un punto de vista práctico, es más fácil diseñar estrategias de manejo de insectos en policultivos utilizando la hipótesis de los enemigos naturales que la de la concentración de recursos. Esto se debe a que aún no se han identificado bien las situaciones ecológicas o los rasgos en el sistema de vida, que hacen a ciertas plagas más o menos sensibles a la organización de los cultivos en el campo (Kareiva 1986).

Los monocultivos son ambientes difíciles para inducir una operación eficiente de enemigos naturales, debido a que éstos carecen de recursos adecuados para el desempeño óptimo de depredadores y parasitoides, y porque en general, se usan prácticas que afectan negativamente el control biológico. Sin embargo, los policultivos poseen condiciones intrínsecas (p. ej. diversidad de alimentos y refugios, y generalmente no son asperjados con plaguicidas) que favorecen a los enemigos naturales. En estos sistemas, la elección de una planta alta o baja, una en floración, una de maduración prematura o una leguminosa puede aumentar o disminuir los efectos de la mezclas de cultivos sobre las plagas (Vandermeer 1989). De esta forma, reemplazando o adicionando una diversidad adecuada de plantas es posible ejercer cambios en la diversidad del hábitat, que a su vez mejoran la abundancia y eficacia de los enemigos naturales.

Estructura del paisaje agrícola y biodiversidad de insectos

Una tendencia desafortunada que acompaña la expansión de los monocultivos, es que ésta ocurre a expensas de la vegetación natural circundante, la cual sirve para mantener la biodiversidad a nivel del paisaje. Como consecuencia de esta tendencia, la cantidad total de hábitat disponible para insectos benéficos está descendiendo a tasas alarmantes.

El impacto hipotético de la fragmentación del paisaje sobre la sobrevivencia de enemigos naturales se visualiza en la figura 4. En la medida que se homogeneiza el paisaje y aumenta la perturbación del ambiente, este se torna cada vez más desfavorable para los enemigos naturales. Las implicaciones de la pérdi-

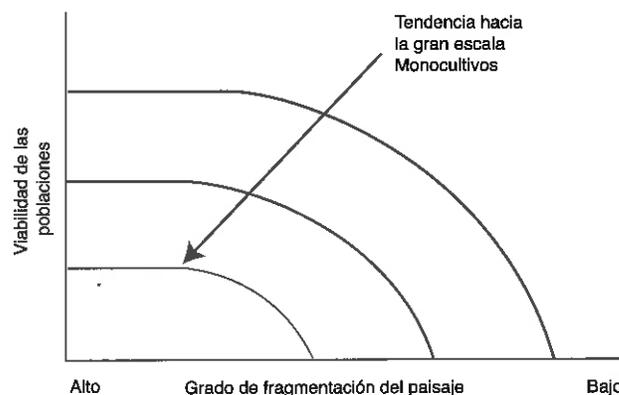


Figura 4. Efectos de la fragmentación del paisaje en la viabilidad de las poblaciones de enemigos naturales en los agroecosistemas al variar los diferentes niveles de artificialización de los sistemas agrícolas.

da de hábitat para el control biológico de plagas pueden ser serias según las evidencias que demuestran un incremento de plagas en los paisajes agrícolas homogéneos (Altieri y Letourneau 1982). Datos recientes demuestran que hay un incremento de enemigos naturales y un control biológico más eficaz en áreas donde permanece la vegetación natural en los bordes de las plantaciones (Barbosa 1998). Estos hábitats son importantes como sitios de refugio y proveen alimento para enemigos naturales en épocas de escasez de plagas en el campo (Landis *et al.* 2000).

Las cortinas rompeviento, bordes, linderos y otros componentes del paisaje han recibido mucha atención en Europa por sus efectos en la distribución y abundancia de artrópodos en campos adyacentes (Fry 1995). Hay una amplia aceptación sobre la importancia de la vegetación en los márgenes de los campos, por su función como reservorios de enemigos naturales de plagas (van Emden 1965). Muchos estudios han demostrado movimientos de artrópodos benéficos desde los márgenes hacia el cultivo, y se ha observado un mayor control biológico en las hileras de cultivos cerca de los márgenes, que en el centro de las plantaciones (Pickett y Bugg 1998, Thies y Tscharncke 1999).

En muchos casos, las malezas y otro tipo de vegetación alrededor de los campos albergan presas y hospedantes para los enemigos naturales, proporcionando así recursos estacionales y cubriendo las brechas en los ciclos de vida de los insectos entomófagos y de las plagas (Altieri y Whitcomb 1979). Un ejemplo clásico es el de la avispa parasitoide de huevos *Anagrus epos*, cuya eficacia en regular las poblaciones del cicadélido de la vid, *Erythroneura elegantula*, se incrementa de manera importante en viñedos rodeados por

mora silvestre (*Rubus* sp.) en California. Esta planta alberga poblaciones de un cicadélido neutral (*Dikrella cruentata*), que en el invierno se reproduce en sus hojas y que sirve de alimento alternativo a *A. epos* (Doutt y Nakata 1973). Estudios recientes demuestran que los huertos de ciruelo adyacentes a viñedos ofrecen refugio invernal a *A. epos* y por lo tanto, estos viñedos cercanos se benefician por el parasitismo temprano que ejerce la avispa, la cual encuentra alimento y refugio en los ciruelos circundantes.

Diversas investigaciones en el norte de California han demostrado que existe un movimiento considerable de insectos entomófagos desde los bosques riparios hacia los huertos de manzanos adyacentes, siendo los huertos orgánicos los que muestran mayor colonización con respecto a los huertos asperjados con insecticidas (Altieri y Schmidt 1986). Varias especies de depredadores y parasitoides recolectados en los márgenes del bosque fueron capturados en la interfase huerto-bosque y más tarde recolectados dentro de los bosques, sugiriendo que la organización de la fauna benéfica de los huertos está condicionada por el tipo de vegetación natural circundante.

En zonas templadas, los investigadores han intentado incrementar los depredadores utilizando "bancos" de coleópteros, franjas en floración y bordes de vegetación para crear condiciones de hábitat favorables para los insectos benéficos, en especial carábidos depredadores. En Inglaterra, cuando se utilizan estas estrategias de diversificación vegetal (especialmente franjas de pastos) y se elimina el uso de plaguicidas en cereales, los carábidos depredadores colonizan los campos y proliferan, controlando las poblaciones de áfidos que tienden a ser más numerosos en los centros de las plantaciones (Wratten 1988). El costo de establecer un "banco" de coleópteros de 400 m en 20 ha es de aproximadamente US\$200, incluyendo la arada, la semilla de pasto y la pérdida de área para el cultivo principal. Una sola aplicación de insecticidas contra áfidos cuesta US\$750, más el costo de la pérdida de rendimientos por el ataque de áfidos.

A pesar de estas observaciones, existen pocos esfuerzos en el mundo para diversificar agroecosistemas modernos a nivel del paisaje, con márgenes naturales compuestos por especies en floración que actúen como plantas "insectarias". Las experiencias de este tipo llenarían una brecha en la información de cómo los cambios en el diseño físico y a nivel de biodiversidad en agroecosistemas afectarían la distribución y abun-

dancia de una comunidad compleja de insectos plaga y sus enemigos naturales asociados.

Determinar que la dispersión de insectos funciona como respuesta a la diversidad de la vegetación a nivel de paisaje, y si las franjas o bordes de vegetación sirven como corredores para el movimiento de enemigos naturales en campos adyacentes, tendría implicaciones mayores en el diseño de estrategias de manejo integrado de plagas (MIP) a nivel de paisaje. Se esperaría que estos corredores pudieran servir como rutas para la dispersión de depredadores y parasitoides en los agroecosistemas. Dada la gran relación perímetro-área de los corredores, la interacción con campos adyacentes es sustancial, aportando protección a los cultivos dentro de un área de influencia determinada por la distancia de los movimientos de los depredadores, desde los corredores hacia cierto ámbito del campo. Al documentar estos efectos será posible entonces determinar el largo, ancho, distancia y frecuencia a la que los corredores deberán colocarse en los campos, para mantener un nivel óptimo de entomofauna benéfica, evitando así la necesidad de utilizar plaguicidas.

Un sistema de corredores y márgenes en agroecosistemas podría también tener efectos importantes a nivel ecológico, tales como interrupción de la dispersión de propágulos de patógenos y semillas de malezas, barreras al movimiento de insectos dispersados por el viento, reducción del acarreo de sedimentos y pérdida de nutrimentos, producción de biomasa incorporable al suelo, y modificación de la velocidad del viento y microclima local. Lo más importante es que el diseño de corredores puede convertirse en una estrategia importante para la reintroducción de biodiversidad en monocultivos de gran escala, facilitando así la reestructuración de agroecosistemas para su conversión a un manejo agroecológico.

Estudio de caso: biodiversificación de viñedos en el norte de California

En el norte de California, muchos viñedos están insertados en una matriz de bosques riparios, transformándose en modelos para el estudio de colonización de artrópodos y el intercambio de éstos entre campos agrícolas y áreas no cultivadas.

Se realizó un estudio en dos bloques adyacentes a un viñedo Chardonnay, localizado en Hopland, 200 km al norte de San Francisco, en una región típica de producción de vino. En el estudio se aprovechó la

existencia de un corredor vegetal de 300 m de largo y 5 m de ancho, compuesto por al menos 65 especies de plantas en floración. Este corredor, con conexión al bosque ripario, atraviesa el viñedo, permitiendo así evaluar si esa faja de vegetación puede incrementar el control biológico de insectos plaga en el viñedo.

El principal interés era evaluar si el corredor actuaba como un hábitat que aporta recursos alimenticios alternativos, continuos, abundantes y bien distribuidos para una comunidad diversa de depredadores generalistas y parasitoides, permitiendo a las poblaciones de estos enemigos naturales desarrollarse en el área de influencia del corredor, antes que las poblaciones de plagas en el viñedo. También se pensó que el corredor podría servir como una carretera biológica para la dispersión de depredadores y parasitoides desde el bosque y hacia el viñedo, y de este modo proporcionar protección contra los insectos plaga en el área de influencia del corredor (Nicholls *et al.* 2001).

Como el cultivo también estaba diversificado con cultivos de cobertura, se evaluó otra hipótesis: si la presencia de insectos neutrales, polen y néctar en los cultivos de cobertura aportan un suministro de recursos alimenticios abundante para los enemigos naturales. Así los depredadores y parasitoides rompen su dependencia estricta de herbívoros de la uva, lo que permite a los enemigos naturales aumentar sus densidades y mantener las poblaciones de plaga a niveles aceptables (Nicholls *et al.* 2000).

Los dos bloques del viñedo evaluado (Bloques A y B) de 2,5 ha cada uno, estaban rodeados en la zona norte por bosque ripario, pero el bloque A era penetrado y atravesado por el corredor. Ambos bloques estaban manejados orgánicamente durante los dos años del estudio.

Metodología

Para monitorear la diversidad y abundancia de la entomofauna se colocaron trampas adhesivas amarillas y azules en diferentes puntos del viñedo, y a diferentes distancias desde el corredor (en el bloque A) o la zona de borde sin corredor (Bloque B) (hileras 1, 5, 15, 25, 45) de abril a setiembre en 1996 y 1997. Las trampas amarillas fueron usadas para monitorear el cicadélido de la uva *E. elegantula*, su parasitoide de huevos *A. epos*, y varias especies de depredadores. Las trampas azules fueron usadas principalmente para determinar las poblaciones de trips y del depredador *Orius*.

En las mismas hileras donde se colocaron las trampas adhesivas, se examinaron hojas del cultivo, directamente en el campo, y se contó el número de ninfas de *E. elegantula*.

La mitad de cada bloque se mantuvo libre de otra vegetación durante la primavera y finales del verano (monocultivo). En abril, las otras dos mitades de cada bloque fueron sembradas hilera de por medio con una mezcla de girasol (*Helianthus annuus*) y trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum*) (viñedo con cultivo de cobertura). El trigo sarraceno florece de mayo a julio y el girasol de julio hasta el final de la estación.

De abril a setiembre de 1996 y 1997, se evaluó la abundancia y diversidad de los adultos del cicadélido de la uva, adultos y ninfas de trips (*Frankliniella occidentalis*), adultos de *A. epos*, *Orius* sp. y otros depredadores, en los bloques de viñedo con cultivos de cobertura y en los viñedos en monocultivo, para lo cual se utilizaron trampas adhesivas amarillas y azules, colocadas en 10 hileras seleccionadas al azar en cada bloque. También se determinó el número de ninfas de *E. elegantula* y el parasitismo de huevos (Settle y Wilson 1990). Los huevos eclosionados fueron examinados para determinar la presencia o no de hendiduras del huevo, lo cual indica la emergencia de *A. epos* (Murphy *et al.* 1996).

Con el propósito de determinar si el corte del cultivo de cobertura forzaba el movimiento de los enemigos naturales desde esos cultivos hacia los viñedos, se seleccionaron tres hileras diferentes en el bloque B, las cuales se cortaron tres veces cada año. En ambos años, se colocaron trampas adhesivas amarillas y azules en hileras al azar, en los bloques de cultivo de cobertura cada vez que estas fueron cortadas, y en sistemas donde las coberturas no se cortaron.

Influencia del corredor sobre *E. elegantula* y *F. occidentalis*

En el bloque A, en los dos años, los adultos de *E. elegantula* mostraron una clara gradiente de densidad, alcanzando los niveles poblacionales más bajos en las hileras de los viñedos localizados cerca del corredor y del bosque ripario e incrementando sus niveles hacia el centro del campo, en hileras progresivamente alejadas de la vegetación adyacente (Fig. 5). En el bloque B, la ausencia del corredor provocó una dispersión uniforme de la plaga. Las poblaciones de ninfas se comportaron de forma similar, alcanzando sus

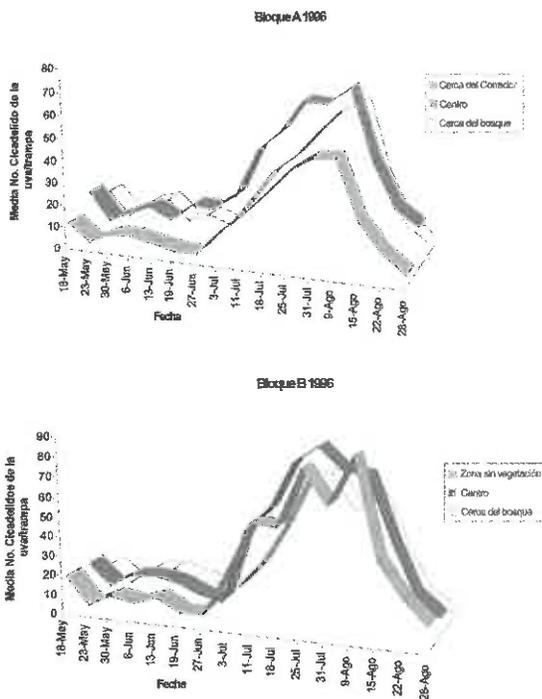


Figura 5. Densidades poblacionales (promedios/trampa) de adultos de *E. elegantula* en ambos bloques del viñedo, influenciado por la presencia del bosque ripario y el corredor (Bloque A) y la zona libre de vegetación (Bloque B). Hopland, California, 1996.

niveles más altos en las hileras del centro del bloque A, durante todo el estudio. Aparentemente, el área de influencia del corredor se extendió 15-20 hileras (25-30 m), mientras que el área de influencia del bosque ripario sobre la población de ninfas alcanzó 10-15 hileras (20-25 m). En el bloque B, el cual carecía de corredor, las ninfas presentaron una distribución homogénea en todas las hileras.

Un gradiente poblacional parecida se observó en la distribución de *F. occidentalis*. En ambos años, las capturas en el bloque A fueron sustancialmente más altas en las hileras centrales que en las hileras adyacentes al bosque; las capturas fueron menores en las hileras cerca del corredor. En el bloque B, no hubo diferencias en las capturas entre las hileras centrales y las cercanas al borde sin vegetación adyacente; sin embargo, las capturas cerca del bosque ripario fueron menores, especialmente durante 1997.

Efectos del corredor sobre los enemigos naturales

La abundancia y distribución espacial de los depredadores generalistas de las familias Coccinellidae, Chrysopidae, Nabidae, y Syrphidae en el bloque A estuvo influenciada por la presencia del bosque ripario y del

corredor, el cual encauzó la dispersión de insectos benéficos dentro del viñedo (Fig. 6). Los depredadores mostraron una distribución más homogénea en el bloque B, donde no hubo diferencias en las capturas espaciales de los depredadores entre el borde de suelo desnudo y las hileras del centro. Sin embargo, se pudo observar que su abundancia tendió a ser mayor en las hileras cerca al bosque ripario.

La distribución de *Orius* sp. fue afectada por el corredor y el bosque ripario. Así, mientras en el bloque A, las poblaciones más altas de este insecto se presentaron en los viñedos cercanos a los bordes (hasta 20 m), en el bloque B no se presentó un gradiente poblacional aparente (Cuadro 1).

El parasitoide *A. epos* colonizó los viñedos desde el corredor y el bosque ripario hacia el área de muestreo, presentando las densidades más altas en las hileras del centro, desde finales de julio hasta finales de agosto en los dos años de estudio, donde las poblaciones de *E. elegantula* eran más abundantes (Fig. 7). El incremento en las capturas de *A. epos* especialmente a partir de finales de junio, indica que el parasitoide empezó a colonizar el viñedo a principios de junio, semanas después

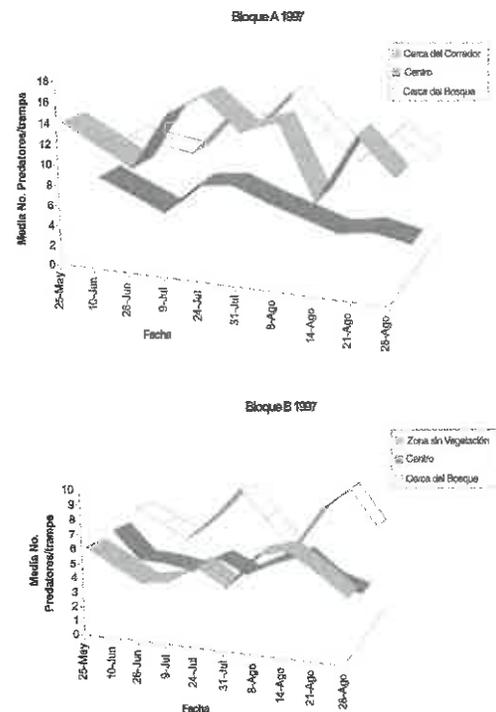


Figura 6. Densidad poblacional de depredadores (promedio/trampa) en los bloques del viñedo, influenciado por la presencia del bosque ripario y el corredor (Bloque A) y la zona libre de vegetación (Bloque B), Hopland, California, 1997.

Cuadro 1. Densidad* media (+ ES) de *Orius* sp. en hileras del borde y del centro de dos bloques de un viñedo en Hopland, California, 1996.

	Junio		Julio		Agosto	
	A	B	A	B	A	B
Cerca del corredor (borde limpio)	1,33±0,08	1,20±0,3	3,75±0,94	2,54±0,84	1,53±0,51	1,85±0,56
Centro del campo	1,16±0,05	1,36±0,45	2,11±0,52	2,96±0,98	1,20±0,4	1,70±0,62
Cerca del bosque	1,90±0,47	1,40±0,46	4,52±1,5	3,01±0,75	1,42±0,38	2,03±0,84

Densidad = número promedio de insectos por trampa adhesiva azul, durante cuatro fechas de muestreo

de que los adultos de *E. elegantula* colonizaron los viñedos. La aparición de *A. epos* coincidió con el inicio del período de oviposición de los adultos de la plaga.

Se observaron niveles altos de parasitismo a través de las generaciones en los dos bloques y en ambos años del estudio (Cuadro 2). Los huevos presentes en las hileras del centro alcanzaron una tasa de parasitismo levemente más alta que los huevos localizados en las hileras cercanas al bosque o al corredor. La proporción de huevos parasitados mostró una tendencia de distribución uniforme entre las hileras de ambos bloques. Se asume que la presencia del bosque ripario está asociada con la colonización de *A. epos*, pero no se determinó prevalencia en el parasitismo de huevos de *E. elegantula* durante la estación en hileras adyacentes a tales hábitats.

Cuadro 2. Porcentaje de parasitismo de huevos (promedio + ES) de *E. elegantula* * por *A. epos*, en hileras del borde y el centro, de los bloques de viñedo en Hopland, California.

	Bloque A		Bloque B	
	1996	1997	1996	1997
Cerca del corredor (borde limpio)	46±16	59±14	62±21	73±45
Centro del campo	61±23	82±33	75±32	80±37
Cerca del bosque	57±31	77±27	74±43	75±29

* Porcentaje promedio de 12 fechas de muestreo durante la estación

Efecto de los cultivos de cobertura de verano sobre cicadélidos

En ambos años, las densidades fueron menores en los viñedos con cultivos de cobertura de verano con respecto al viñedo en monocultivo (Fig. 8). Comparando ambos tipos de viñedo, se observó que el incremento en la diversidad de plantas causó también una dismi-

nución en el número de ninfas de la plaga. Las densidades de ninfas fueron generalmente menores en secciones de los viñedos con cultivos de cobertura en 1996, pero esto fue más evidente en 1997 (Fig. 9).

Efecto de las coberturas sobre las poblaciones de *A. epos* y en las tasas de parasitismo

Durante 1996, en las secciones con cultivo de cobertura y en las secciones en monocultivo las densidades promedio de *A. epos* fueron similares, aunque al final de la estación logró alcanzar niveles altos en las secciones en monocultivo. De igual forma, durante 1997,

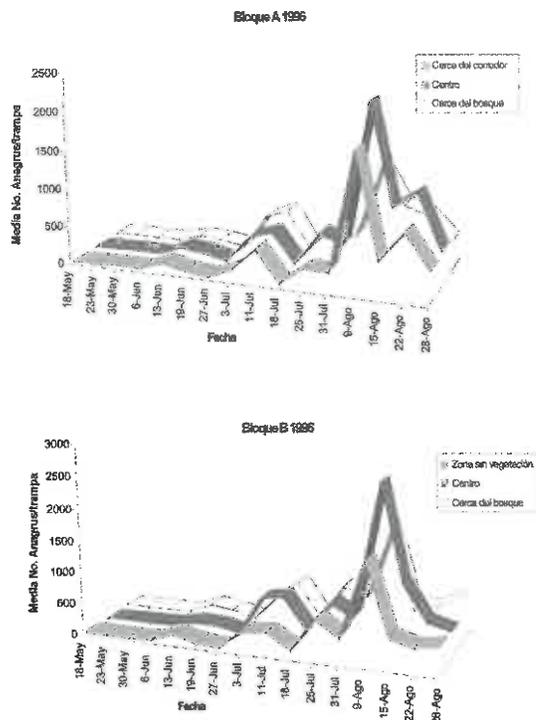


Figura 7. Densidad poblacional de *A. epos* (promedio de adulto/trampa) influenciado por la presencia del bosque ripario y el corredor (Bloque A) y la zona libre de vegetación (Bloque B), Hopland, California, 1996.

un año de capturas particularmente elevadas, el número de *A. epos* fue significativamente mayor en las secciones de monocultivo, especialmente a finales de julio. *A. epos* fue más abundante en el viñedo en monocultivo, lo cual estuvo asociado con las altas densidades del cicadélido hospedante.

Las diferencias en las capturas de *A. epos* en secciones con cultivos de cobertura y secciones en monocultivo no se reflejaron en las tasas de parasitismo de *E. elegantula*. Tampoco hubo una relación entre la abundancia del cicadélido y los niveles de parasitismo observados en este estudio. No se presentaron diferencias estadísticas en las tasas de parasitismo entre los tratamientos durante el estudio, aunque en julio de 1996 y 1997, las tasas de parasitismo fueron levemente más altas en las secciones con cultivos de cobertura, pero sin ser estadísticamente significativas.

Efecto del corte de los cultivos de cobertura en la población de *E. elegantula* y *A. epos*

Antes del corte, las densidades de las ninfas de *E. elegantula* en los viñedos fueron similares en las hileras con cultivos de cobertura. Una semana después

del corte, el número de ninfas disminuyó en los viñedos donde el cultivo de cobertura fue cortado, coincidiendo con un incremento en las densidades del parasitoide *A. epos*. Durante la segunda semana, esta disminución fue más notoria, aunque las diferencias en la población de *A. epos* entre ambos sistemas no fueron significativas (Fig. 10).

Efecto de los cultivos de cobertura sobre las poblaciones de trips y depredadores generalistas

Las densidades de trips en 1996 fueron menores en las secciones del viñedo con cultivos de cobertura que en aquellas que crecía en monocultivo. Las densidades de trips permanecieron bajas durante toda la temporada. Tales diferencias fueron también aparentes en 1997, un año con alta presión poblacional de trips. Las poblaciones en 1997 fueron significativamente mayores en las secciones de monocultivo, especialmente al final de julio. En el cuadro 3 se presenta la densidad poblacional de depredadores en los viñedos con cultivos de cobertura y en los de monocultivo. Los principales depredadores fueron arañas, *Nabis* sp., *Orius* sp., *Geocoris* sp., coccinélidos, y *Chrysoperla* sp.

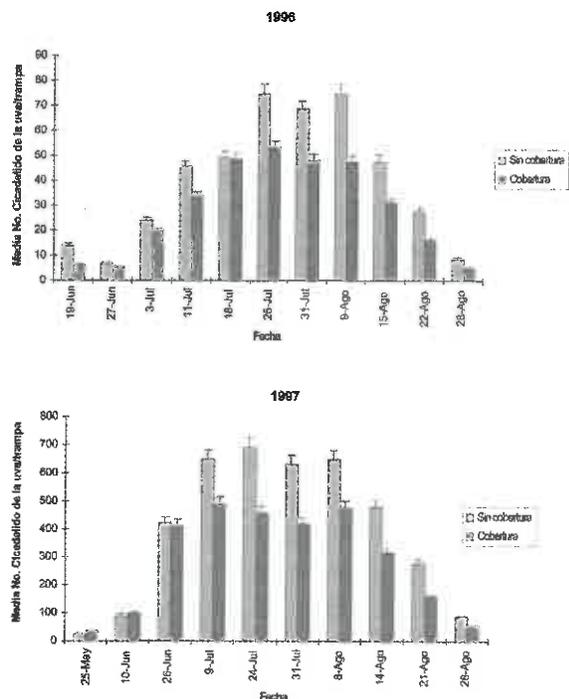


Figura 8. Densidades de adultos de *E. elegantula* en sistemas con cultivos de cobertura y en sistemas en monocultivo en el viñedo, Hopland, California, 1996-1997.

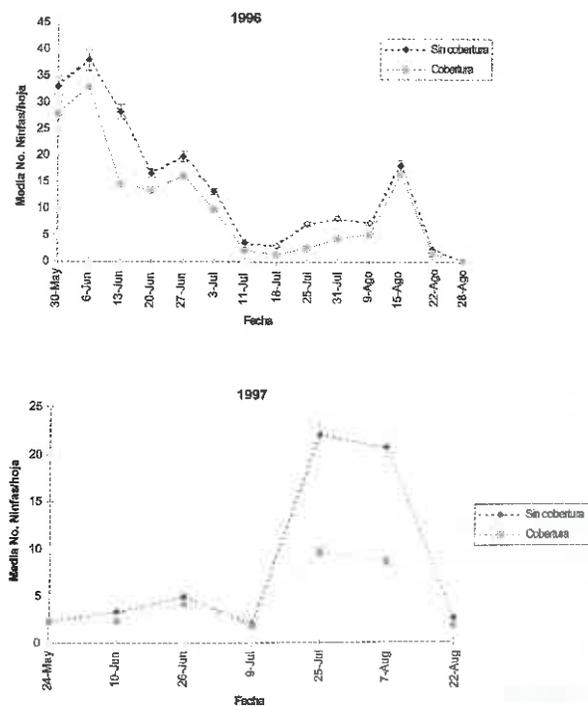


Figura 9. Densidades de ninfas de *E. elegantula* en sistemas con cultivos de cobertura y en sistemas en monocultivo en el viñedo durante dos temporadas, Hopland, California, 1996-1997.

Generalmente, las poblaciones fueron menores al inicio de la estación y se incrementaron cuando las presas también comenzaron a incrementarse. El cuadro 3 muestra que durante 1996, las poblaciones de los depredadores generalistas fueron más altas en las secciones del viñedo con cultivos de cobertura que en las secciones en monocultivo.

En 1996, el depredador más abundante en las flores de trigo sarraceno y girasol fue *Orius*, seguido por varias especies de coccinélidos. Entre las arañas encontradas, las especies de la familia Thomisidae fueron los más abundantes. En 1997, *Orius* fue nuevamente el depredador más abundante en las secciones del viñedo con cultivo de cobertura, seguido por varias especies de Thomisidae y algunas especies de Coccinellidae, Nabidae y *Geocoris* sp. Muchos de estos depredadores probablemente respondieron al complejo de insectos neutrales y al polen y néctar presente en el cultivo de cobertura.

Implicaciones del estudio

Esta investigación demuestra que los cultivos de cobertura mantienen un gran número de *Orius*, coccinélidos, arañas, especialmente de la familia Thomisidae, y otras especies de depredadores. La comparación de la abundancia de depredadores en los sistemas con y sin cultivos de cobertura muestran que la presencia de trigo sarraceno y girasol produce un incremento en la densidad de éstos. La pregunta es si esos incrementos en la abundancia de depredadores (especialmente porque *A. epos* actúa de manera similar en los dos sistemas) explican las bajas poblaciones de *E. elegantula* y de trips observados en los viñedos diversificados. Este estudio revela que la alta densidad de depredadores está correlacionada con las poblaciones menores de la plaga y esta relación es más clara en el caso de la interacción *Orius*-trips.

Cuadro 3. Densidad promedio mensual* (+ ES) de diferentes especies de artrópodos depredadores en viñedos con y sin cultivos de cobertura, Hopland, California. 1996.

		<i>Orius</i> sp.	Arañas	Coccinellidae	<i>Geocoris</i> sp.	<i>Nabis</i> sp.	<i>Chysoperla</i> sp.
Con cobertura	Junio	3±0,7	3±1,3	0	0	1±0,3	3±2,2
	Julio	5±1,9	9±3,4	4±1,9	2±1,7	1±0,6	5±3,1
	Agosto	4±2,0	12±3,7	1±0,8	4±2,3	2±1,1	2±1,0
Sin cobertura	Junio	2±1,3	2±1,1	2±0,7	0	0	2±0,7
	Julio	3±0,9	8±2,6	2±0,4	1±0,5	0	4±1,5
	Agosto	2±0,8	9±3,4	1±0,3	2±0,9	1±0,7	2±0,8

*Número de individuos por transecto de 25 m, muestreado con D-Vac

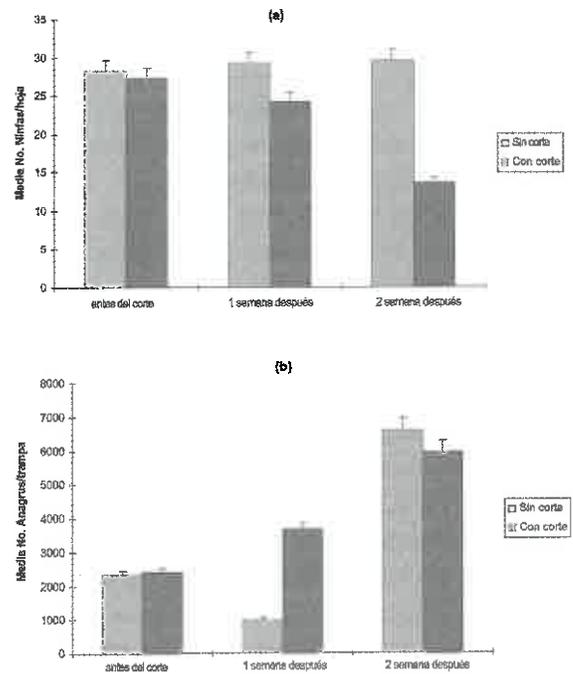


Figura 10. Efectos del corte del cultivo de cobertura en el viñedo en (a) las ninfas del cicadélido de la uva y (b) *Anagrus epos* (Hopland, California, 1997).

La evaluación del efecto del corte de la cobertura sugieren una conexión ecológica directa, debido a que el corte forzó el movimiento de *A. epos* y de los depredadores que se encontraban en las flores, provocando así en una disminución de la población de la plaga en los viñedos adyacentes a los sistemas donde la cobertura fue cortada.

Esta investigación también sugiere que la dispersión y las subsecuentes densidades de los herbívoros y sus enemigos naturales asociados, están influenciadas por las características del paisaje, tales como el bosque ripario y el corredor adyacente al viñedo. La presencia de los hábitats riparios incrementa la colonización

de los depredadores y su abundancia en los viñedos adyacentes; sin embargo, esta influencia es limitada por la distancia a la cual los enemigos naturales se dispersan dentro del viñedo. No obstante, el corredor amplifica esta influencia, permitiendo incrementar la dispersión y circulación de los depredadores al centro del campo, lo cual incrementa el control biológico, especialmente en las hileras de viñedos cerca a los hábitats que proveen este alimento alternativo.

Conclusiones

Los sistemas de cultivos diversificados, como los basados en policultivos y los agroforestales (p. ej., los huertos frutales con cultivos de cobertura) han sido objeto de mucha investigación. Este interés se basa en la nueva y emergente evidencia de que estos sistemas son más sustentables y conservan mejor los recursos (Vandermeer 1995). Estos atributos están relacionados con los altos niveles de biodiversidad funcional asociada a agroecosistemas complejos.

De hecho, la mayor parte de la información científica que documenta la regulación de plagas en sistemas diversificados, sugiere que ésto sucede por la gran variedad y abundancia de depredadores y parasitoides en estos sistemas (Altieri 1994, Landis *et al.* 2000).

Se han sugerido varias hipótesis donde se postulan los mecanismos que explican la relación entre un mayor número de especies de plantas y la estabilización de agroecosistemas, incluyendo la regulación de las plagas (Tilman *et al.* 1996). Sin embargo, un aspecto claro es que la composición de especies es más importante que el número de especies *per se*, y que hay ciertos conjuntos de plantas que ejercen papeles funcionales claves, mientras que otros grupos de plantas no lo hacen.

El desafío está en identificar los conjuntos de especies que, mediante sus sinergias, aportarán servicios ecológicos claves, tal como el reciclamiento de nutrientes, control biológico de plagas y conservación del suelo y el agua. La explotación de estas sinergias, en situaciones reales, requieren del diseño y manejo de los agroecosistemas basado en el entendimiento de las múltiples interacciones entre suelos, plantas, artrópodos y microorganismos. La idea es restaurar los mecanismos de regulación natural adicionando biodiversidad selectiva dentro y alrededor de los agroecosistemas.

Como lo ilustra el estudio del viñedo, un manejo agroecológico del hábitat con la biodiversidad adecuada, lleva al establecimiento de la infraestructura

necesaria que aporta los recursos (polen, néctar, presas alternativas, refugio, etc.) para una óptima diversidad y abundancia de enemigos naturales. Estos recursos deben integrarse al paisaje agrícola de una manera espacial y temporal, que favorezca a los enemigos naturales y por supuesto, fácil de implementar por los agricultores. El éxito depende de: a) la selección de las especies de plantas más apropiadas; b) la entomofauna asociada a la biodiversidad vegetal; c) la manera como los enemigos naturales responden a la diversificación y d) la escala espacial a la cual operan los efectos reguladores de la manipulación del hábitat.

La experiencia práctica de miles de agricultores tradicionales en el Tercer Mundo y de algunos agricultores orgánicos en países industrializados, demuestran que es posible estabilizar las comunidades de insectos en sistemas de cultivo diseñando arreglos de vegetación que albergan poblaciones de enemigos naturales, o que tengan efectos disuasivos directos sobre las plagas (Altieri 1991). Lo que hace difícil de masificar esta estrategia agroecológica, es que cada situación se debe analizar independientemente, dado que en cada zona los complejos herbívoros-enemigos naturales varían de acuerdo a la vegetación presente dentro y fuera del cultivo, la entomofauna, la intensidad del manejo agrícola, etc.

Sin embargo, lo que es universal es el principio de que la diversificación vegetal es clave para un control biológico eficiente. Las formas específicas de manejo y diseños de diversificación dependerán entonces de las condiciones socioeconómicas y biofísicas de cada región y su definición será el resultado de un proceso de investigación participativa, en la que agricultores e investigadores trabajando juntos determinan los diseños más adecuados para incrementar el control natural en agroecosistemas específicos.

Literatura citada

- Altieri, MA; Whitcomb, WH. 1979. The potential use of weeds in the manipulation of beneficial insects. *HortScience* 14: 12-18.
- Altieri, MA; Letourneau, DK. 1982. Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop Protection* 1: 405-430.
- Altieri, MA. 1984. Patterns of insect diversity in monocultures and polycultures of brussel sprouts. *Protection Ecology* 6: 227-232.
- Altieri, MA; Letourneau, DK. 1984. Vegetation diversity and insect pest outbreaks. *CRC Critical Reviews in Plant Sciences* 2: 131-169.
- Altieri, MA; Schmidt, LL. 1986. The dynamics of colonizing arthropod communities at the interface of abandoned

- organic and commercial apple orchards and adjacent woodland habitats. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 16: 29-43.
- Altieri, MA. 1991. How best can we use biodiversity in agroecosystems?. *Outlook on Agriculture* 20: 15-23.
- Altieri, MA. 1994. *Biodiversity and pest management in agroecosystems*. New York, Haworth Press.
- Altieri, MA. 1995. *Agroecology: the Science of Sustainable Agriculture*. Westview Press, Boulder.
- Andow, DA. 1983. The extent of monoculture and its effects on insect pest populations with particular reference to wheat and cotton. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 9: 25-35.
- Andow, DA. 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology* 36: 561-586.
- Barbosa, P. 1998. *Conservation Biological Control*. New York, Academic Press. 396 p.
- Cromartie, WJ. 1981. The environmental control of insects using crop diversity. In Pimentel, D. Ed. *CRC Handbook of Pest Management*. Boca Raton, CRC Press. p. 223-251.
- Dempster, JP; Coaker, TH. 1974. Diversification of crop ecosystems as a means of controlling pests. In Jones, DP; Solomon, ME. Ed. *Biology in Pest and Disease Control*. New York, John Wiley. p. 106-114.
- Doutt, RL; Nakata, J. 1973. The *Rubus* leafhopper and its egg parasitoid: an endemic biotic system useful in grape pest management. *Environmental Entomology* 2: 381-386.
- Flint, ML; Roberts, PA. 1988. Using crop diversity to manage pest problems: some California examples. *American Journal of Alternative Agriculture* 3: 164-167.
- Francis, CA. 1986. *Multiple cropping systems*. New York, MacMillan.
- Fry, G. 1995. Landscape ecology of insect movement in arable ecosystems. In *Ecology and integrated farming systems*. Glen, DM. Ed. Bristol, UK John Wiley.
- Gliesman, SR. 1998. *Agroecology: ecological process in sustainable agriculture*. Chelsea, MI, Ann Atber Press.
- Kareiva, P. 1986. Trivial movement and foraging by crop colonizers. In Kogan, M. Ed. *Ecological Theory and Integrated Pest Management Practice*. New York, John Wiley. p. 59-82.
- Landis, DA; Wratten, SD; Gurr, GA. 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology* 45: 175-201.
- Murphy, BC; Rosenheim, JA; Granett, J. 1996. Habitat diversification for improving biological control: abundance of *Anagrus epos* (Hymenoptera: Mymaridae) in grape vineyards. *Environmental Entomology* 25(2):495-504.
- Nicholls, CI; Parrella, MP; Altieri, MA. 2000. Reducing the abundance of leafhoppers and thrips in a northern California organic vineyard through maintenance of full season floral diversity with summer cover crops. *Agricultural and Forest Entomology* 2: 107-113.
- Nicholls, CI; Parrella, MP; Altieri, MA. 2001. Effects of a vegetational corridor on the abundance and dispersal of insect biodiversity within a northern Californian organic vineyard. *Landscape Ecology* 16:133-146.
- Perrin, RM. 1980. The role of environmental diversity in crop protection effects of temporal and spatial diversity in agroecosystems on phytophagous insects, diseases, weeds and natural enemies. *Prot-Ecol.* 2 (2):77-114.
- Pickett, CH; Bugg, R. 1998. *Enhancing Biological Control: habitat management to promote natural enemies of agricultural pests*. Berkeley, University of California. 422 p.
- Rabb, RL; Stinner, RE; van den Bosch, R. 1976. Conservation and augmentation of natural enemies. In Huffaker, CB; Messenger, PS. Ed. *Theory and Practice of Biological Control*. New York, Academic Press. p. 233-253.
- Risch, SJ; Andow, D; Altieri, MA. 1983. Agroecosystem diversity and pest control: data, tentative conclusions and new research directions. *Environmental Entomology* 12: 625-629.
- Root, RB. 1973. Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassicae oleraceae*). *Ecological Monographs* 43: 95-124.
- Settle, WH; Wilson, LT. 1990. Behavioral factors affecting differential parasitism by *Anagrus epos* (Hymenoptera: Mymaridae), of two species of erythroneuran leafhoppers (Homoptera: Cicadellidae). *Journal of Animal Ecology* 59(3):877-891.
- Smith, HA; McSorely, R. 2000. Intercropping and pest management: a review of major concepts. *American Entomologist* 46:154-161.
- Southwood, TRE; Way, MJ. 1970. Ecological background to pest management. In Rabb, RL; Guthrie, FE. Ed. *Concepts of Pest Management*. Raleigh, North Carolina State University. p. 6-29.
- Thies, C; Tschardtke, T. 1999. Landscape structure and biological control in agroecosystems. *Science* 285: 893-895.
- Thrupp, LA. 1998 *Cultivating diversity: agrobiodiversity and food security*. Washington DC., World Resources Institute.
- Tilman, D; Wedin, D; Knops, J. 1996. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. *Nature* 379: 718-720.
- Van den Bosch, R; Telford, AD. 1964. Environmental modification and biological control. In DeBach, P. Ed. *Biological Control of Insect Pests and Weeds*. London, Chapman and Hall. p. 459-488.
- Vandermeer, J. 1989. *The ecology of intercropping*. Cambridge, UK, Cambridge Univ. Press.
- Vandermeer, J. 1995. The ecological basis of alternative agriculture. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 26:201-224.
- Vandermeer, J; Perfecto, I. 1995. *Breakfast of biodiversity: the truth about rainforest destruction*. Oakland, Food First Books.
- Van Emden, HF. 1965. The role of uncultivated land in the biology of crop pests and beneficial insects. *Scientific Horticulture* 17: 121-126.
- Wratten, SD. 1988. The role of field margins as reservoirs of natural enemies. In *Environmental management in agriculture*. London, Belhaven Press.

Un sistema de mini beneficiado húmedo para pequeños productores de café, en Perú

Ulrike Krauss¹
André George¹

RESUMEN. En el mundo cafetalero existe controversia sobre el beneficiado húmedo del café. Sus promotores destacan su efecto positivo en la calidad final del producto, la reducción de contaminantes y, por consiguiente, la disminución del riesgo de micotoxinas. Por el contrario, quienes se oponen aducen que no es apto para pequeños productores por el tiempo, la mano de obra e infraestructura requerida. Además señalan que durante la fermentación se da una pérdida de peso del grano y se contaminan las aguas efluentes. El objetivo de este trabajo fue la evaluación de un sistema de mini beneficiado húmedo en la selva oriental de Perú. Este sistema es sencillo y los agricultores lo pueden realizar en la propia finca, porque no requiere infraestructura especial. La cantidad de agua y mano de obra utilizada en el mini beneficiado no fue significativamente mayor a la usada en el beneficiado tradicional. Además el sistema evaluado facilitó el control de calidad del producto final, porque el método de selección por flotación que es parte del proceso, mejoró la detección de granos quebrados o cortados, "medio negros" y perforados por la broca (*Hypothenemus hampei*), con respecto al proceso de selección manual, determinándose diferencias estadísticas entre ambos métodos. La pérdida de peso durante el mini beneficiado húmedo se atribuyó a la digestión de mucílago adherido al pergamino y no al grano mismo. Este sistema fue rápidamente aprendido por los agricultores y no es muy sensible a errores durante la fermentación, pero sobre todo es adecuado para los productores de escasos recursos de la selva oriental peruana, quienes cosechan café lejos de los centros de acopio y tienen problemas para trasladarlo hasta los centros de beneficiado existentes, causando que el café se fermente y pueda contaminarse con microorganismos capaces de producir micotoxinas. No obstante, para motivar la aceptación de este tipo de beneficiado por parte de los productores, es necesario que los compradores ofrezcan incentivos para café de mejor calidad.

Palabras clave: Café, *Coffea arabica*, Beneficiado, Patología poscosecha, Control de calidad, Transferencia de tecnología.

ABSTRACT. A system of mini-wet processing for coffee smallholders in Peru. There is currently controversy in the coffee world over the wet processing of coffee. Its promoters emphasise its positive effect on the quality of the end product, the reduction of contaminants and, thus, the reduced risk of mycotoxins. In contrast, opponents claim that it is unsuitable for smallholders because of the time, labour and infrastructure required. Furthermore, they point out that during fermentation there is weight loss of the grain and contamination of the effluent waters. The objective of this study was the evaluation of a mini-wet fermentation system in eastern Peru. This system is simple and the farmers can carry it out on their own farms, because it does not require special infrastructure. The quantity of water and labour utilised in the mini processing system was not significantly greater than that used in traditional processing. Also the evaluated system facilitated quality control of the end product, because the flotation selection method that is part of the process, improved the detection of grains that were broken or cut, "half blacks", and perforated by the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*), in comparison with the manual selection process; statistical differences were found between the two methods. Weight loss during the mini wet processing was attributed to the digestion of mucilage adhering to the parchment and not of the grain itself. This system is rapidly learnt by farmers and it is insensitive to errors during processing. But above all, it is suitable for resource-poor eastern Peruvian smallholders, who harvest coffee far from collecting centres and who have problems transporting it to existing processing centres, resulting in fermenting coffee that may be contaminated with microorganisms capable of producing mycotoxins. However, to encourage the acceptance of this type of processing by the growers, the buyers need to offer incentives for coffee of improved quality.

Key words: Coffee, *Coffea arabica*, Fermentation, Post-harvest pathology, Quality control, Technology transfer.

¹ Universidad Nacional Agraria de la Selva, Apdo 156, Tingo María, Perú. Dirección actual: CABI Bioscience, CATIE, 7170 Turrialba, Costa Rica. ukrauss@catie.ac.cr

Introducción

El procesamiento poscosecha del café (*Coffea arabica*) incluye el despulpado, el beneficiado (fermentación) y el secado. El propósito del beneficiado es remover el mucílago que está adherido al pergamino (Villa 1990) y mejorar el aspecto estético del grano (Clarke 1985). Aunque el beneficiado no mejora la calidad del café, cualquier falla en esa etapa si afecta la calidad del producto.

Los residuos del mucílago guardan polvo y microorganismos y constituyen el principal sustrato para estos organismos (Figuroa 1990) por su alto contenido de azúcares (aproximadamente 3%) (Sivetz y Foote 1963). La remoción completa del mucílago también es necesaria para lograr un secado rápido y uniforme, lo cual previene el crecimiento de patógenos. Los contaminantes más comunes son bacterias ácido butíricas, coliformes y hongos como *Aspergillus* spp., *Colletotrichum* spp., *Epicoccum* sp., *Fusarium* spp., *Penicillium* spp., *Phomopsis* spp., *Rhizopus* spp. y levaduras del tipo *Torula* (Willbaux 1963). Las pudriciones poscosecha no solamente afectan el aroma y sabor del café, sino que producen micotoxinas peligrosas para la salud humana. En café de exportación, en ocasiones, se ha encontrado ochratoxina A, producida por *Aspergillus* spp. y *Penicillium* spp. (Ministry of Agriculture Fishery and Food 1995 y 1999, Paterson *et al.* 2001).

Generalmente se recomienda un beneficiado rápido, el cual debe iniciarse poco tiempo después de la cosecha. Este proceso debe ser completo pero no llegar a la sobrefermentación. El beneficiado común consiste en la fermentación natural del mucílago. Se han desarrollado métodos rápidos como la remoción mecánica o la remoción enzimática del mucílago. Sin embargo, estos métodos son caros y usualmente están fuera del alcance del pequeño productor (Figuroa 1990).

En cuanto a las fermentaciones naturales existen dos tipos: beneficiado húmedo y beneficiado seco. La mayoría de autores concuerdan que mediante el beneficiado húmedo se obtiene mejor calidad de cafés arábigos y, hasta cierto nivel, robustas, porque son menos susceptibles a problemas o errores durante el proceso (Asociación Nacional de Café 1985, Clarke 1985, Hernández 1988, Moschetto *et al.* 1996, Sivetz y Foote 1963, Suchon y Pongsak 1991, Vincent *et al.* 1977, Willbaux 1963). Además, el beneficiado húmedo acelera el secado subsecuente (Cléves 1995, Figuroa 1990), un factor importante en zonas húmedas como la selva peruana.

Por el contrario, los que se oponen a este tipo de beneficiado le atribuyen las siguientes desventajas: a) requiere mucha agua y contamina el ambiente con residuos orgánicos (Asociación Nacional de Café 1985, Blanco y Perera 1999, Clarke 1985, Echeverría y Cléves 1995); b) tiene una práctica empírica de microbiología y puede resultar en un proceso errático; además hace falta la selección e inoculación con microorganismos aprobados (Cléves 1995); c) demora más tiempo que el beneficiado seco, lo cual provoca pérdidas de peso seco por la prolongación de respiración y volatilización de sólidos (Cléves 1995, Willbaux 1963); e) requiere más mano de obra que el beneficiado seco (Puerta 1988, Willbaux 1963) y f) requiere de infraestructura, por lo cual no es apto para pequeños agricultores (Asociación Nacional de Café 1985, Cléves 1995, Figuroa 1990).

En la selva central de Perú existen centros de procesamiento poscosecha que utilizan el beneficiado húmedo convencional del café con resultados satisfactorios; y por su ubicación son accesibles a los agricultores (Figuroa 1990). En la selva oriental de este país, las fincas son más pequeñas y dispersas y el transporte del café en cereza a procesadoras centralizadas es difícil durante la estación lluviosa porque se producen derrumbes en los caminos y por el peligro de asaltos y robos, lo cual impide el tránsito en la carreteras rurales, en ocasiones hasta por varios días. Una procesadora centralizada de la Cooperativa Naranjillo Ltda., en Tingo María, Departamento de Huánuco, fue cerrada poco tiempo después de su instalación por falta de provisión regular del producto (Tomislavo Zecevic, Gerente General, comunicación personal). Actualmente, los agricultores entregan el café en varias fases de fermentación espontánea, con o sin pulpa adherida, o café parcialmente secado (fermentación espontánea y variable, en seco). La separación de lotes y su procesamiento adecuado es una tarea imposible para la Cooperativa. En esta zona no existen máquinas para el control de calidad y las pérdidas poscosecha del café de exportación han sido estimadas entre 35% y 45% (Figuroa 1990).

En la cuenca del Alto Huallaga, en la zona oriental de Perú y como parte de un proyecto de cultivos alternativos y desarrollo sostenible, se realizó un estudio del sistema de producción en 50 fincas y se diseñó un plan de diversificación, determinándose que las plagas eran el factor más limitante de la producción (Evans *et al.* 1998, Krauss *et al.* 1999). Además se eva-

luó el procesamiento poscosecha en las fincas, cooperativas y centros de acopio de la zona y se identificaron los contaminantes más importantes (Krauss y Soberanis 2000).

Ante la problemática del procesamiento poscosecha del café, se buscaron sistemas que podrían adaptarse a las condiciones de la zona, identificándose un sistema de mini beneficiado húmedo en las Antillas Menores. En estas islas, el café es solamente una parte de un sistema diversificado de producción agropecuaria, en terrenos a veces menores de 0,5 ha. Los productores normalmente poseen solamente unas pocas plantas de café y procesan su cosecha en la finca, hasta la etapa de café tostado para la venta directa a los consumidores.

El objetivo de este trabajo fue la evaluación y transferencia de la tecnología del sistema de mini beneficiado húmedo de café utilizado en las Antillas Menores a la selva oriental de Perú.

Materiales y métodos

Procedimiento general del mini beneficiado húmedo.

El procedimiento general de este tipo de beneficiado se presenta en la figura 1, comparándolo con el beneficiado húmedo convencional y con el beneficiado tradicionalmente usado en la selva oriental de Perú.

Para el mini beneficiado húmedo se despulpó el café (variedad Caturra) utilizando una despulpadora manual. Las semillas con residuos de mucílago se depositaron en un balde plástico. También pueden utilizarse recipientes de aluminio o esmalte, pero no de hierro porque este mineral mancha la semilla y le da un sabor a herrumbre. Se agregó agua hasta que cubriera la semilla y se dejó fermentar en la sombra. La fermentación se considera completa cuando el mucílago se desintegra totalmente y al frotar las semillas hacen un sonido similar al de pequeñas piedras (Asociación Nacional de Café 1985, Clarke 1985, Villa 1990).

Posteriormente, las semillas se frotaron para quitar los últimos residuos del mucílago. La mezcla se coló y los granos de café se lavaron tres veces con agua limpia, hasta que el líquido vertido fuera claro. Durante el lavado, el nivel del agua en el recipiente fue de 2 cm sobre el nivel del café, con el propósito de detectar y remover las semillas flotantes. Después del lavado, el café se dejó secar al sol hasta llegar a 12% de humedad (aproximadamente una semana), según la recomendación dada para los otros métodos de beneficiado (Asociación Nacional de Café 1985, Cléves 1995, Figueroa 1990).

Las diferencias principales entre el sistema de mini beneficiado húmedo y el beneficiado húmedo convencional son: a) El mini beneficiado húmedo se realiza en fincas individuales mientras el convencional se realiza en centros de acopio. Por tanto, el primero de ellos permite procesar la cosecha fresca mientras que con el convencional, el café puede fermentarse durante el transporte al centro de acopio. b) Ambos beneficiados son por vía húmeda, pero solamente el mini beneficiado incluye como parte de su procedimiento, una etapa de control de calidad. c) El mini beneficiado húmedo está diseñado para procesar pequeños volúmenes de café, mientras en el convencional se manejan grandes volúmenes y requiere una infraestructura especial (tanques de fermentación, hornos de secado y un selector de granos).

El beneficiado húmedo convencional no es utilizado en la zona de Tingo María porque no es adecuado dado las condiciones del lugar, por tanto el mini beneficiado húmedo probablemente represente la única alternativa al beneficiado tradicional en seco.

Evaluaciones en fincas. En fincas de agricultores en Castillo Grande, Perú, se realizaron experimentos para evaluar el control de calidad y la pérdida de peso seco del café con el sistema de mini beneficiado húmedo comparándolo con el sistema seco, usado convencionalmente en estas fincas. Esta localidad está ubicada a 666 msnm, con precipitación promedio anual de 3000 mm, 24 °C y 81% HR.

Evaluación de control de la calidad. Se despulparon las cerezas de café y el beneficiado se inició en las primeras ocho horas después de la cosecha. Se recolectaron muestras de 250 ml, comenzando el día cero hasta el día tres (60 h), cuando la fermentación alcanzó su punto máximo. Se realizaron tres repeticiones de cada prueba. Cada muestra se lavó tres veces con 500 ml de agua. Se retiraron y contaron todas las semillas flotantes (granos vacíos) en la muestra, registrando por separado el número de semillas aparentemente sanas y las que presentaban daño visible. Luego se secó el café pergamino al sol. Las semillas lavadas y que no flotaron, se sometieron a una selección manual minuciosa. Se definió la pérdida total como la suma de semillas flotantes y semillas no flotantes eliminadas mediante la selección manual. La pérdida visible fue la suma de semillas descoloridas o deformes, independiente si flotaron o no. El porcentaje de pérdida de

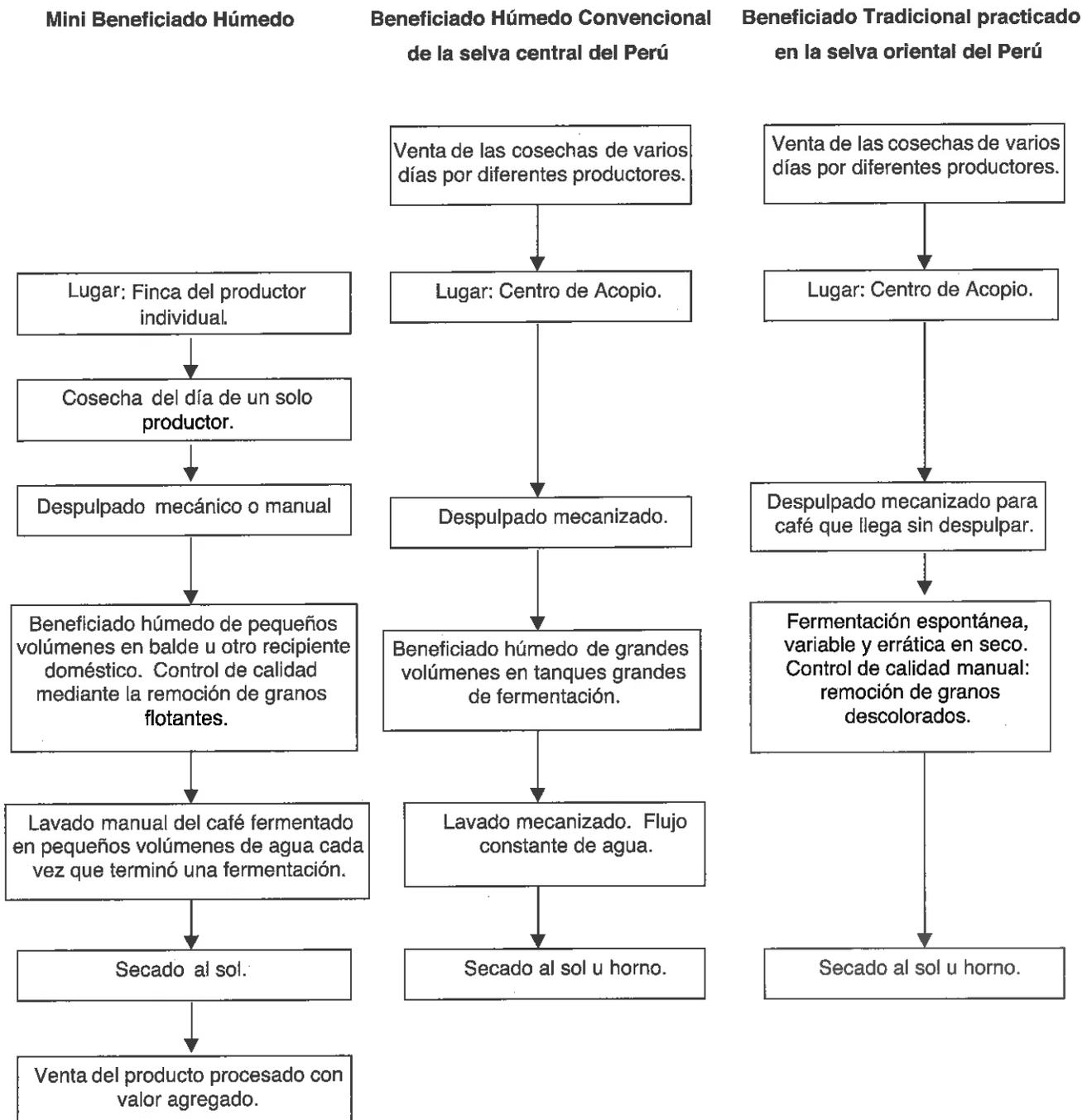


Figura 1. Diagrama de flujo comparado el mini beneficiado húmedo (MBH) con el beneficiado húmedo convencional (BHC) de la Selva Central y el beneficiado tradicional espontáneo en seco de la selva oriental del Perú.

terminado por los dos métodos (flotación y selección manual) se comparó usando un modelo lineal generalizado para datos binomiales (porcentajes) usando el software Genstat 5 (Genstat 5 Committee of the Statistics Department of Rothamsted Experimental Station 1993).

Se realizó un análisis comercial de calidad del café pergamino en el Coffee Enterprises, Burlington,

VT, EEUU. Para esto se envió una muestra de 2 kg de café procesado mediante el mini beneficiado húmedo y una muestra del mismo peso preparado mediante el beneficiado tradicional, ésta última proporcionada por la Cooperativa Naranjillo, de Tingo María, Perú. Los resultados de ese análisis fueron comparados con la prueba χ^2 , según el número de granos (la mayoría de granos de café pergamino contenían dos semillas).

Experimento de pérdida de peso seco. Se utilizaron todos los granos de café de las muestras obtenidas en el tiempo y que pasaron los procesos de selección descritos anteriormente. Primero se pesó el café pergamino, posteriormente se eliminó el pergamino, el cual se pesó por separado. Finalmente, se pesó el café en verde (también llamado café oro). Los pesos se expresan con base en 1000 semillas.

Capacitación de agricultores y extensionistas. Se ofreció una capacitación de un día a agricultores promotores y extensionistas, en la Cooperativa Naranjillo, impartida por el personal de esa empresa y los autores de este estudio. La actividad se inició con una charla sobre el procesamiento general del café, la cual tuvo una duración de 30 min, y se utilizaron ayudas audiovisuales. Después se utilizó la metodología “aprender haciendo” y los agricultores y extensionistas realizaron cada etapa del mini beneficiado húmedo, desde el despulpado hasta la prueba del secado completo. La Cooperativa proporcionó muestras de café (de cada etapa) procesadas con el beneficiado seco. Los extensionistas tuvieron la oportunidad de comparar el sabor del café tostado, preparado con el beneficiado tradicional y el del café procesado mediante el mini beneficiado húmedo.

Resultados

En las visitas realizadas a las fincas de café a menudo se observaron pudriciones poscosecha. Los patógenos más comunes en café semiseco fueron *Aspergillus* spp. y *Penicillium* spp.; los cuales se encontraron en todas las fincas, pero el problema fue mayor en las que no se practicaba ningún beneficiado y el café se secaba con mucílago adherido al pergamino. En las fincas donde se fermenta el café en cereza (en seco), además estaban presentes *Fusarium* spp. y *Rhizopus* spp. No obstante, las pudriciones poscosecha no fueron consideradas un problema por los extensionistas ni agricultores.

Una de las desventajas que se han atribuido al mini beneficiado húmedo de café es la cantidad de agua requerida. En este estudio, el procesamiento de café mediante este método requirió 47 L de agua/kg de café verde; sin embargo, el exceso de agua se debió a que se procesaron muchas muestras de bajo volumen. En evaluaciones donde se procesó mayor volumen de café, se requirió menos de 30 L de agua/kg de café verde.

Control de calidad de café pergamino. La pérdida total en la muestra de café pergamino fue de 4,33%, de la cual 2,31% fueron granos con daños obvios y 3,92% granos vacíos; el 1,92% de los granos mostraron ambos tipos de daño (Fig. 2).



Figura 2. Proporción de granos vacíos de café, granos descoloridos y granos vacíos y descoloridos (café pergamino).

La selección manual permitió detectar 53,4% de la pérdida total, que corresponde a 2,31% del total de granos descoloridos (Fig. 3). Con el método de flotación se detectó 90,5% de la pérdida total (2,92% de granos); no obstante, este método no fue tan eficiente para la detección de granos descoloridos de alto peso específico. Solamente 44,4% de las pérdidas (1,92% del total de granos) mostraron ambos daños y fueron detectados por ambos métodos sin diferencia. El método de flotación fue significativamente mejor en cuanto a la detección de granos dañados ($P < 0,05$) (Fig. 3). No se observaron variaciones de la eficiencia de detección en el transcurso del tiempo por pérdida total ($F = 0,01$, $gl = 3$) o vacíos ($F = 0,29$, $gl = 3$).

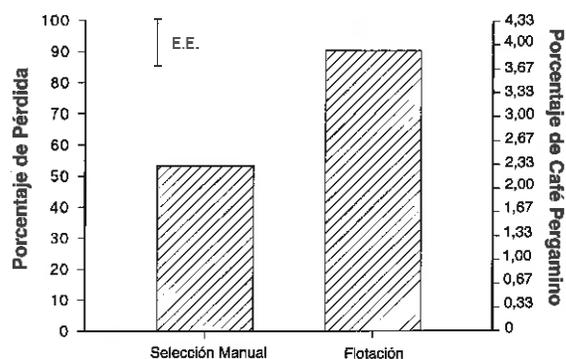


Figura 3. Comparación de métodos de selección manual (proceso tradicional) y por flotación (mini beneficiado húmedo) en cuanto a su eficiencia en la detección de daños en café pergamino.

De acuerdo al análisis comercial realizado, la selección de granos dañados mediante el método de flotación, realizado como parte del proceso de mini beneficiado húmedo fue mejor que la selección manual usada con el método convencional, en este caso realizado por la Cooperativa (Cuadro 1). Con el mini beneficiado húmedo y procesando el producto hasta obtener café pergamino, no se detectó el 0,9% de pérdidas totales, mientras que con el método manual no se detectó el 4,59% de los granos considerados como pérdidas totales. Esta diferencia de un factor cinco fue altamente significativa ($P < 0,001$). El mini beneficiado redujo significativamente la incidencia de semillas “quebradas o cortadas” y “medio negras”, y la presencia de granos con daño causado por broca (*Hypothenemus hampei*) fue 50% menor que en el café sometido a selección manual, aunque esta diferencia no fue estadísticamente significativa. La broca infesta el café en el campo y cualquier reducción del daño por broca durante el proceso poscosecha se debe a la selección y no la infestación original. Los daños “cascarilla”, “completamente negros” e “inmaduros” fueron demasiado bajos para un análisis estadístico. No se obtuvieron datos organolépticos debido a una falla técnica, durante el tostado del producto, como parte del análisis de calidad.

Pérdida de peso seco. Durante las 60 h de fermentación, el café pergamino perdió una cantidad significativa de peso ($3,37 \pm 1,62$ g /1000 semillas o 2,6% con respecto al peso del café en verde). La mayor pérdida de peso ocurrió durante la etapa inicial de la fermentación (Fig. 4). No obstante, no se determinaron cam-

bios significativos en el peso del café en verde durante las 60 h de la fermentación. El pergamino también experimentó una pérdida drástica de peso ($3,94 \pm 0,42$ g/1000 semillas en 60 h) lo cual explica la pérdida de peso del café pergamino. En este caso, la pérdida fue mayor durante las primeras 24 h, lo cual coincide con la curva de pérdida de peso del café pergamino (Fig. 4).

Capacitación de agricultores y extensionistas. Al inicio de la fase de capacitación la Cooperativa tenía objeciones al uso del sistema de mini beneficiado húmedo debido a malas experiencias en la zona con el beneficiado húmedo centralizado. Además la gerencia consideraba que un proceso descentralizado podía ser difícil para la mayoría de agricultores y provocar aún más variabilidad en la calidad del producto. Sin embargo, ellos organizaron los talleres de capacitación para sus socios. Después de la capacitación práctica, todos los agricultores manifestaron sentirse preparados para realizar el mini beneficiado húmedo correctamente. La evaluación realizada por los facilitadores de la capacitación confirmó que los productores sabían realizar el proceso. Ellos no consideraron un problema el requerimiento extra de mano de obra que tiene este sistema de beneficiado, y su única preocupación fue la posible pérdida de peso del grano, la cual reduciría sus ganancias. Todos los participantes consideraron la importancia de recibir un incentivo por calidad del producto cuando se utiliza el sistema mini beneficiado húmedo. El grupo de agricultores solicitó más capacitación en el proceso antes de la siguiente cosecha para tener mayor experiencia en el proceso.

Cuadro 1. Porcentaje de detección de daños en granos de café mediante el análisis comercial de café verde.

Tipo de daño	Método de selección		χ^2	P
	Flotación (Mini beneficiado húmedo)	Manual (Proceso tradicional)		
Quebrados/cortados	0,37	1,37	10,97	0,001
Cascarilla	0,00	0,26	na ¹	Na
Causado por broca	0,26	0,53	1,73	ns ²
Medio negros	0,16	2,11	31,86	0,001
Completamente negros	0,11	0,00	na	
Inmaduros	0,00	0,42	na	
Total	0,90	4,69	48,92	0,001

¹na, no aplica; los números bajos no permiten un análisis χ^2 .

²ns, no significativo.

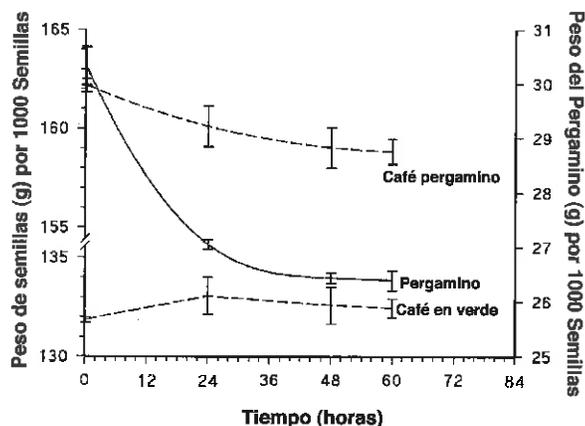


Figura 4. Cambios del peso seco de café pergamino, café en verde (eje y izquierda, línea interrumpida) y el pergamino solo (eje y derecha, línea continua) durante el mini beneficiado húmedo de café (variedad Caturra).

Discusión

La sostenibilidad de los sistemas de producción diversificados dependen no solo del rendimiento de los cultivos, sino también de los precios de éstos y, por lo tanto, de su calidad. Las pudriciones poscosecha en café causan pérdidas directas de 35-45% de la producción (Figuroa 1990), además reducen la calidad del producto. En la zona donde se realizó este estudio, Krauss y Soberanis (2000) habían determinado que no existía conocimiento de la importancia de la patología poscosecha en café y recomendaron capacitar a técnicos y agricultores sobre esta problemática.

El beneficiado húmedo favorece la presencia de una microflora antagonica a hongos que producen micotoxinas (Paterson *et al.* 2001). El sistema de mini beneficiado húmedo en fincas evita el problema de la fermentación espontánea, mejora el proceso de selección de granos de calidad y acelera el secado, algo muy importante en una zona tan lluviosa, y quizás el factor clave para evitar la acumulación de micotoxinas (Paterson *et al.* 2001). Por tanto, se considera que las ventajas de este tipo de beneficiado superan las desventajas.

Consideraciones ambientales. En el beneficiado húmedo centralizado se usan entre 25 y 65 L de agua/kg de café verde si el agua no es reciclada, pero si ésta es reciclada, el volumen requerido disminuye, siendo aproximadamente de 10 L/kg de café verde (Blanco y Perera 1999). En Perú, Figuroa (1990) reportó que en el lavado de café pergamino se utilizan 100 L agua/ kg

de café; por lo cual el volumen de agua requerido para el mini beneficiado húmedo es menor al señalado por Figuroa (1990) y similar a los utilizados en el beneficiado húmedo a gran escala en otros países. Aunque el agua utilizada es contaminada con residuos orgánicos, es probable que sea menos problemático para el ambiente verter pequeños volúmenes en las fincas, que hacerlo en grandes volúmenes, como ocurre durante la época de cosecha del café, con el beneficiado centralizado. Según Matuk *et al.* (1997) las aguas efluentes del lavado de café fermentado en tanques de 50 L de capacidad, tienen una demanda química de oxígeno (DQO) de 2500 ppm. A una dilución de 1:10, están bajo el nivel considerado como dañino para microcrustáceos acuáticos altamente sensibles, de acuerdo a este mismo autor.

En muchos de los beneficios, la pulpa de café es considerada un desecho, pero en las fincas puede ser utilizada como fertilizante biológico o para la producción de ensilaje o productos secos para la alimentación de animales (Echeverría y Cléves 1995). Por ejemplo, en Sudáfrica, se recomendó la devolución de la pulpa de café de los beneficios a las fincas para su aprovechamiento y disminuir los efectos en el ambiente. El mini beneficiado húmedo tiene la ventaja de que evita la concentración de un subproducto donde no es aprovechado.

El peso del café en verde es entre el 18 y 23% del peso del café cereza (Blanco y Perera 1999, Chávez y Suárez 1997) y por tanto, el transporte de café en verde resulta más económico y amigable al ambiente.

Para el secado de café pergamino al sol se requiere un área considerable, dado que la cantidad máxima de café que puede secarse por metro cuadrado es 10-15 kg (Figuroa 1990). Por los volúmenes que se procesan durante la cosecha, los beneficios muchas veces deben utilizar leña para secar el café (Blanco y Perera 1999), mientras en las fincas, el volumen de café a procesar sería mucho menor y se podría utilizar el secado al sol. Por tanto, desde el punto de vista ambiental, el mini beneficiado húmedo puede ser una mejor opción que el beneficiado centralizado.

Control de calidad versus inversión de mano de obra y tiempo. A pesar del alto costo de la mano de obra, la selección manual del café sigue siendo el método más usado para la eliminación de granos defectuosos y material extraño y asegurar la uniformidad de los granos. Con el sistema de mini beneficiado húmedo se logró

detectar mayor porcentaje de granos dañados que con la selección manual minuciosa. Esto es muy importante debido a las exigencias de los mercados; por ejemplo, según la FDA, EEUU, en café importado el daño por insectos no debe superar 10%. Aunque existen máquinas sofisticadas para la selección de granos, éstas no son utilizadas en la zona donde se realizó el estudio y dado los volúmenes de café procesado, no se justifica su adquisición (Clarke 1985). Sivetz y Foote (1963) evaluaron un método simple para la selección de café cereza en beneficios, aprovechando la flotación. Sin embargo, concluyeron que el proceso no fue satisfactorio por la gran variabilidad de café cereza y propusieron el uso combinado de flotación y selección manual para eliminar la mayoría de daños.

En café pergamino, la flotación como método de selección resulta muy eficiente debido a que la variabilidad es mucho menor que en café cereza. El porcentaje de granos dañados detectados por la flotación (más del 90%) lo hace un método muy confiable (Fig. 2 y 3). Esto se confirmó mediante el análisis comercial de calidad, pues el porcentaje de granos con daño no detectado fue muy bajo (0,9%), y mucho menor que el no detectado mediante el proceso manual (4,69%), a pesar de que éste último requiere mucho más tiempo. Este ahorro de mano de obra compensa la requerida en otras etapas del sistema de mini beneficiado húmedo.

Cléves (1995) señaló que una desventaja del beneficiado natural es su microbiología mal definida y recomendó la selección de microorganismos benéficos y la inoculación de los fermentadores con los mismos. La microflora natural de las cerezas y de los microorganismos en el agua influyen en la fermentación. El riesgo de una mala fermentación es mayor cuando se usan aguas alcalinas (Willbaux 1963). Este mismo autor apunta que las bacterias coliformes inhiben las bacterias lácticas, las cuales juegan un papel importante en la fermentación. El agua de pozo en Castillo Grande no es potable; la zona carece de un sistema de desagüe y se encuentra en una zona de inundación regular. A pesar de la mala calidad del agua, no se presentaron microorganismos nocivos y cada fermentación fue realizada de manera adecuada, utilizando una tecnología muy básica. El riesgo de una mala fermentación es mucho menor en las zonas productoras donde la calidad de agua (de quebradas o lluvias) es mejor.

Bajo las condiciones de la zona, la fermentación mediante el mini beneficiado húmedo requirió 60 h. Suchon y Pongsak (1991) recomendaron un periodo de aproximadamente 24 h para el beneficiado húmedo de la variedad Caturra. Sin embargo, el tiempo requerido para el beneficiado depende de la altura, por su efecto en la temperatura ambiental (Hernández 1988, Sivetz y Foote 1963) y en el pH natural del mucílago (Asociación Nacional del Café 1985), de la concentración de enzimas pectolíticas del mucílago, el grosor del mucílago (Sivetz y Foote 1963) y por lo tanto, de la variedad, de la madurez del café y el tiempo entre la cosecha y el despulpado (Villa 1990) y del pH y la calidad del agua, la cual es afectada por las condiciones de limpieza de la instalación, y puede variar entre 6 y 72 h (Sivetz y Foote 1963). En muchas ocasiones la fermentación requiere entre 48 y 60 h (Willbaux 1963). En Guatemala, Hernández (1988) reportó periodos hasta de 80 h. En Perú, Figueroa (1990) consideró que el periodo normal para la fermentación de café es de 24-36 h, pero adujo que el proceso puede ser mayor de 40 h en zonas con aguas alcalinas, como es el caso del agua usada en este estudio. Las aguas de Castillo Grande son altamente alcalinas debido a la roca madre de dolomito (carbonato de calcio). Al final de la fermentación, la masa tiene un pH de aproximadamente 4,0 (Cléves 1995, Hernández 1988) que es más bajo que el beneficiado seco (Willbaux 1963). Por tanto, este mismo autor afirmó que la fermentación con agua ocupa más tiempo que la fermentación en seco. Un nivel bajo de pH, al terminar el proceso de fermentación ofrece mayor protección contra mohos.

Es importante destacar que las tinas o recipientes que los agricultores usaron para el beneficiado estaban muy limpias, mientras que en las instalaciones industriales usualmente se encuentran microorganismos de fermentaciones anteriores (Willbaux 1963). La falta de inóculo inicial, probablemente demoró más el proceso en el mini beneficiado húmedo.

Pérdida del peso. Existe mucha controversia sobre la pérdida de peso durante el beneficiado. Los autores que afirman que usando este sistema se da una pérdida de peso, la cual atribuyen a la respiración de la semilla del café y/o la difusión de gases (Willbaux 1963). Carbonell y Vilanova (1952) determinaron hasta 9% de pérdida de peso seco en café en verde después de 44 h. La tasa de pérdida se aceleró con el tiempo. Foote *et al.* citados por Cléves (1995) informaron pérdidas

altamente variables (0,4% y 6%) después de 40 h en diferentes experimentos. Por otro lado, la Asociación Nacional del Café de Guatemala (1985) no encontró una pérdida de peso seco en la fermentación natural y concluyó que si hay pérdida, ésta no es mayor al 1%. Estos resultados más bien sugieren que cambios de peso informados por algunos autores pueden deberse al efecto de la remoción incompleta del mucílago del pergamino.

En esta evaluación no se registró pérdida de peso seco de café verde (var. Caturra) durante las 60 h de fermentación con el mini beneficiado húmedo. Más bien, el peso de residuos del mucílago que estaban pegados al pergamino se redujo. Mientras Carbonell y Vilanova (1952) informaron un tasa acelerada de pérdida, en este estudio se redujo la tasa de pérdida de peso del mucílago. Eso sugiere que la pérdida de peso seco de café de la variedad Caturra procesado mediante el mini beneficiado húmedo en Perú no es importante.

Aceptación del mini beneficiado húmedo por los productores de café. El mini beneficiado húmedo es un método sencillo, que no requiere inversión de dinero ni de mano de obra adicional porque agiliza la selección de granos de calidad. El tiempo requerido por este método de beneficiado no representa una desventaja porque acelera el secado posterior del café. Los productores y la cooperativa aceptaron el mini beneficiado húmedo y la única preocupación mencionada por ellos fue la pérdida de peso del grano.

A pesar de que la capacitación ofrecida fue muy corta, esta actividad mejoró el conocimiento de los participantes sobre la importancia de las enfermedades poscosecha en este cultivo y sobre el nuevo sistema de beneficiado. Sin embargo, si se implementa este tipo de beneficiado a mayor escala, es necesario ofrecer más talleres de capacitación práctica antes de la siguiente cosecha. Además, los agricultores esperan obtener un precio mayor por el café de mejor calidad procesado mediante el mini beneficiado húmedo. Un incentivo financiero basado en la calidad del producto eliminaría la preocupación de los agricultores por la pérdida de peso.

Conclusiones

El mini beneficiado húmedo es una tecnología que se adapta a las condiciones de los pequeños productores de café en la selva oriental de Perú. Este tipo de be-

neficiado no es muy sensible a la calidad del agua y aunque la fermentación requiere 60 h, no ocurren pérdidas de peso del grano. El incremento en la cantidad de mano de obra requerida con respecto a otros métodos, es compensada con la facilidad y mejoras en la selección del grano, y por consiguiente en la calidad del producto final. El café de mejor calidad debe tener una compensación económica para el agricultor, lo cual además motivaría la adopción de este método. Una ventaja del sistema de mini beneficiado húmedo es su sencillez, lo cual hace que su aprendizaje sea rápido y fácil. Una de las ventajas de este sistema de beneficiado es que puede ser realizado por el agricultor en su propia finca, aún en pequeños volúmenes, lo cual reduce la cantidad de agua efluente, facilita el aprovechamiento de la pulpa de café en la misma finca, y reduce los problemas de transporte hasta los centros de acopio, todas consideraciones que lo hacen ambientalmente más adecuado. Pero quizás uno de los beneficios más importante de este sistema es que puede realizarse muy poco tiempo después de la cosecha, lo cual reduce los problemas con patógenos poscosecha que producen toxinas nocivas para la salud de los consumidores.

Agradecimientos

Este estudio se realizó como parte de un proyecto de diversificación y desarrollo sostenible, financiado por CICAD/OEA y USDA-ARS y manejado por CABI Bioscience. A la Cooperativa Naranjillo Ltda y a los colegas en CABI Bioscience, CATIE y UNAS que aportaron ideas valiosas, especialmente a Ghiselle Alvarado, Peter Baker, Adolfo Martínez, Mendis Paredes, Whilly Soberanis y Tomislavo Zeceovich.

Literatura citada

- Asociación Nacional del Café. 1985. Manual de Beneficiado del Café. Guatemala. p. 123.
- Blanco, JM; Perera H, CM. 1999. Dilemas de la Reconversión del Beneficiado de Café en Centroamérica. San José, Costa Rica, Biomass User Network, Latin American Office. p. 46.
- Carbonell, RJ; Vilanova, MT. 1952. Beneficiado rápido y eficiente del café mediante el uso de soda cáustica. Santa Tecla, El Salvador, Ministerio de Agricultura y Ganadería Centro Nacional de Agronomía. Boletín Técnico no. 13.
- Chávez, M; Suárez, F. 1997. Manual Práctico de Caficultura Ecológica. Piura, Perú, Programa Integral para el Desarrollo del Café (PIDECAPÉ). p. 31.
- Clarke, RJ. 1985. Green Coffee Processing. In Coffee Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage. Clifford, MN; Willson, KC. Ed. Londres, Croom Helm. p. 230-250.
- Cléves, R. 1995. Desmucilaginado mecánico *versus* fermentación natural. In Tecnología en Beneficiado de Café. San José, Costa Rica, Tecnicafé Internacional. p. 45-54.

- Echeverría, O; Cléves, R. 1995. Beneficiado ecológico del café. *In* Tecnología en Beneficiado de Café. San José, Costa Rica, Tecnicafé Internacional. p. 36-44.
- Evans, HC; Krauss, U; Ríos, R; Zeceovich, T; Arévalo, E. 1998. Cocoa in Peru. *Cocoa Growers' Bulletin* 51: 7-22.
- Figuroa, R. 1990. La Caficultura en el Perú. Lima, Perú, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. p. 234.
- Genstat 5 Committee of the Statistics Department of Rothamsted Experimental Station, Harpenden, Hertfordshire, U. K. 1993. Genstat 5, Release 3, Reference Manual, Nueva York, Oxford Univ.
- Hernández, M. 1988. Manual de Caficultura. Guatemala, Asociación Nacional de Café. 247 p.
- Krauss, U; Figuroa, R; Johanson, A; Arévalo, E; Anguiz, R; Cabezas, O; García, L. 1999. *Musa* clones in Peru: classification, uses, production potential and constraints. *InfoMusa* 8 (2): 19-26.
- Krauss, U; Sobernis, W. 2000. Control de pudriciones de poscosecha con extracto de mashua (*Tropaeolum tuberosum*). *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 57: 23-28.
- Matuk, V; Puerta Q, GI; Rodríguez V, N. 1997. Impacto biológico de los efluentes del beneficio húmedo del café. *Cenfi-café (Colombia)* 48(4):234-252.
- Ministry of Agriculture Fishery and Food (MAFF) 1995. Surveillance for ochratoxin A in retail coffee products. MAFF UK Food Surveillance Information Sheets 73, www.maff.gov.uk/food/infosheet/1995/no73/73oacoffee/
- Ministry of Agriculture Fishery and Food (MAFF) 1999. Food surveillance. Ochratoxin A - 1998 Survey of retail products. Bulletin 111, www.foodstandards.gov.uk/maff/archive/food/bulletin/1999/24/06/1999tm
- Moschetto, D; Montagnon, C; Guyot, B; Perriot, JJ; Leroy, T; Eskes, AB. 1996. Studies on the effect on cup quality of *Coffea canephora*. *Tropical Science* 36:18-31.
- Paterson, RRM; Baker, PS; ven der Stegen, GHD. 2001. Ochratoxin A in coffee. *In* Coffee Futures. Cali, Colombia, Cenicafé-CABI. p. 16-25.
- Puerta, GI. 1988. El café verde y su características. *In* La Calidad de Café Verde: Composición, Proceso y Análisis. Puerta, GI; Quiceno, AL; Zuluga, J. Eds. Colombia, CENICAFE. p. 1-55.
- Sivetz, M; Foote, HE. 1963. Coffee Processing Technology: Fruit - Green, Roast, and Soluble Coffee. Westport, Connecticut, AVI. v.1.
- Suchon, N; Pongsak, A. 1991. Coffee liquor quality by comparing dry and wet processing. *Journal of Agricultural Research and Extension (Tailandia)* 8:1-9.
- Villa A, JL. 1990. Cosecha y beneficiado del café. *In* El Cultivo del Cafeto en México. Veracruz, México, Instituto Mexicano de Café. p. 193-212.
- Vincent, JC; Guenot, MC; Perriot, JJ; Guele, D; Hahn, J. 1977. Influence de différents traitements technologiques sur les caractéristiques chimiques et organoleptiques des cafés Robusta et Arabusta. *In* International Scientific Colloquium on Coffee, ASIC (8, 1977). p. 271-283.
- Willbaux, R. 1963. Coffee Processing. FAO Informal Working Bulletin 20.

Influencia de arvenses sobre el complejo mosca blanca-virosis-parasitoides en Veracruz, México

Salomón Medina Balderas¹
Laura Delia Ortega Arenas¹
Héctor González Hernández¹
Juan Antonio Villanueva Jiménez²

RESUMEN. Se estudió la influencia de la presencia planificada de arvenses sobre el complejo *Bemisia tabaci*-virosis-parasitoides en la región costera central de Veracruz, México. Se usó un diseño de bloques al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron: a) tomate con arvenses alrededor, b) tomate con libre crecimiento de arvenses; y c) tomate sin arvenses. Se registró semanalmente la densidad poblacional de adultos y ninfas de *B. tabaci* por folíolo, la incidencia viral, el porcentaje de parasitismo y el rendimiento del cultivo. Se identificaron las arvenses hospedantes de *B. tabaci* y el promedio de parasitismo de la plaga. La presencia de arvenses favoreció la presencia de parasitoides, redujo la densidad poblacional de *B. tabaci* y la incidencia viral. Aun cuando la presencia de arvenses retrasó la incidencia viral, su presencia también disminuyó el rendimiento del cultivo al competir por recursos. La presencia selectiva de arvenses debe planificarse en tiempo y espacio, de manera que se proteja el cultivo en su etapa de mayor susceptibilidad a la virus transmitidos por *B. tabaci*.

Palabras clave: *Bemisia tabaci*, *Encarsia pergandiella*, *Eretmocerus tejanus*, *Lycopersicon esculentum*, Arvenses, Virus.

ABSTRACT. Influence of weeds on the whitefly-virus-parasitoids complex in Veracruz, Mexico. The influence of the planned presence of weeds on the whitefly *Bemisia tabaci*-virus-parasitoids complex in the central coastal region of Veracruz, Mexico was studied. A randomized block design with three treatments and four repetitions was used. The treatments evaluated were: a) tomato with weeds around the edge, b) tomato with free growth of weeds; and c) tomato without weeds. The population density of *B. tabaci* adults and nymphs per leaflet, the viral incidence, the percentage parasitism and the crop yield, was recorded weekly. Weeds host for *B. tabaci* were identified and the average parasitism of the pest was determined. The presence of weeds favored the presence of parasitoids, reduced the population density of *B. tabaci* and the incidence of virus. Even when the presence of weeds delayed the incidence of virus, their presence also decreased the crop yield because of competition for resources. The selective presence of weeds should be planned in time and space, in order to protect the crop in its stage of most susceptibility to the viruses transmitted by *B. tabaci*.

Key words: *Bemisia tabaci*, *Encarsia pergandiella*, *Eretmocerus tejanus*, *Lycopersicon esculentum*, Weed, Virus.

Introducción

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es la principal hortaliza en México dado su volumen de producción y de exportación, y su importancia económica y social se debe al valor de la producción y a la deman-

da de mano de obra que genera (ASERCA 1995).

Entre los principales problemas fitosanitarios del cultivo del tomate en el estado de Veracruz, están las enfermedades virales transmitidas por mosca blanca

¹ Especialidad de Postgrado en Entomología y Acarología, IFIT. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. medinaba@hotmail.com ladeorar@colpos.colpos.mx

² Especialidad de Postgrado en Agroecosistemas Tropicales, Campus Veracruz. Colegio de Postgraduados. Veracruz, Veracruz, México. javj@colpos.colpos.mx

(*Bemisia tabaci*, Gennadius) (Homoptera: Aleyrodiidae) (Licona 1993). Urias *et al.* (1995) mencionan que en este estado las enfermedades virales pueden reducir hasta en 50% el rendimiento del cultivo.

La aplicación excesiva de insecticidas para contrarrestar las poblaciones de la plaga han favorecido la aparición de poblaciones resistentes (Ortega 1998, Ortega *et al.* 1998), han disminuido las poblaciones de enemigos naturales y provocado el encarecimiento del cultivo, por los altos costos de manejo y provocan contaminación ambiental (Ortega 1998). No obstante, a que *B. tabaci* tiene varios enemigos naturales (Penagos y Williams 1995), su impacto en las poblaciones de la plaga es mínimo, probablemente debido al mal uso de los plaguicidas, la reducción en la diversidad de especies vegetales hospedantes, la extensión de monocultivos y condiciones climáticas adversas (Altieri 1983, Walker y Greenberg 1998).

Generalmente, la presencia de arvenses o plantas silvestres es indeseable dentro del cultivo. Sin embargo, varias investigaciones han demostrado que los brotes de ciertas plagas son menos probables en cultivos diversificados con arvenses que en cultivos que crecen sin ellas, debido principalmente al incremento de los enemigos naturales (Altieri 1992, Hilje 2001). Esto se debe a que algunas arvenses son componentes importantes de los agroecosistemas por su influencia positiva en la biología y dinámica poblacional de los insectos benéficos, a los cuales les proporcionan alimento, refugio y otros recursos. Sin embargo, algunas arvenses pueden atraer a *B. tabaci*, aunque otras pueden atraer a sus enemigos naturales o repeler a la especie plaga (van Emden 1965).

El conocer las especies de parasitoides de *B. tabaci* presentes en la zona costera central del estado de Veracruz y su relación con las arvenses podría permitir a los agricultores aprovechar un recurso natural presente en sus parcelas, e integrarlo a la protección fitosanitaria de los cultivos y así reducir los costos de producción y la contaminación ambiental.

Por tanto, el objetivo de este estudio fue conocer la influencia de arvenses sobre el complejo mosca blanca-virosis-parasitoides en el cultivo de tomate en Veracruz, México.

Materiales y métodos

Ubicación

El experimento se realizó en el Campus Veracruz, del Colegio de Postgraduados, Estado de Veracruz, Méxi-

co, entre diciembre de 1998 y mayo de 1999. Se utilizó semilla de tomate variedad "Río Grande", sembrada en macetas de plástico, donde permanecieron 27 días en condiciones de invernadero y fueron protegidas con tela de polipropileno Agribón[®], para evitar la infestación temprana de *B. tabaci*.

El terreno experimental estuvo libre de arvenses al momento del trasplante y en su perímetro se dejó una barrera de 1,5 m de ancho de plantas de caña de azúcar *Saccharum officinarum* L. El terreno tuvo una pendiente de 5 a 6% y el suelo es tipo migajón arcilloso.

Tratamientos y diseño experimental

Se evaluaron tres tratamientos: 1) tomate con arvenses alrededor de la parcela, presentes desde el momento del trasplante, con un área sin arvenses de 1,20 m de ancho (un surco) alrededor del cultivo, seguida por la franja de arvenses del mismo ancho del área anterior, 2) tomate con libre crecimiento de arvenses, desde el trasplante, y 3) tomate sin arvenses en todos los surcos desde el trasplante (testigo). Las arvenses fueron eliminadas mediante remoción manual.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones. Cada unidad experimental estuvo conformada de 140 plantas en cuatro surcos, a una distancia de 40 cm entre plantas y de 1,20 m entre surcos. La separación entre unidades experimentales fue de 3,6 m y 6,5 m. Se consideró como parcela útil toda la unidad experimental.

Para evitar la infestación temprana de diabrotícas y membrácidos se aplicó endosulfán (Thiodan[®]), usando 5 ml/ L de agua, las aspersiones se realizaron semanalmente a partir del quinto día después del trasplante, durante cuatro semanas consecutivas. También se hicieron dos aplicaciones de cipermetrina (Ripcord[®]) (0,5 L/ha) a los 63 y 71 días después del trasplante para el control del gusano del fruto, chinches y diabrotícas.

Variables de respuesta

Se evaluaron las siguientes variables de respuesta:

Abundancia de adultos de *B. tabaci*. Se seleccionaron al azar 12 plantas por parcela, en cada una de las cuales se contó el número de adultos de *B. tabaci* posados en el envés de un folíolo joven del estrato superior. Las observaciones se hicieron semanalmente por la mañana, durante toda la temporada del cultivo.

Incidencia viral. Se realizaron muestreos visuales semanalmente durante todo el ciclo del cultivo. En cada

muestreo se registraron todas las plantas, tanto sanas como las que presentaban cualquiera de los siguientes síntomas causados por virosis: clorosis, achaparramiento, distorsión, moteado, y ampollamiento foliar. De acuerdo con el número de plantas sanas y enfermas se determinó el porcentaje de plantas infectadas por tratamiento. Se utilizaron las claves para la identificación de virus (Urias y Alejandre 1999, Pernezny *et al.* 1996) basadas en la sintomatología.

Diversidad de arvenses. Se identificaron las especies de arvenses presentes en los tratamientos 1 y 2. Posteriormente se determinaron las arvenses que eran hospedantes de *B. tabaci*. En éstas se registró la densidad poblacional de ninfas de esta especie y sus niveles de parasitismo. Para estas evaluaciones se seleccionaron 12 plantas por tratamiento, a las cuales se les removía una hoja de la parte media, en la cual se hacía el conteo. Los conteos se realizaban dos veces por semana, durante cuatro semanas. Estas evaluaciones se efectuaron al final del ciclo del cultivo.

Nivel de parasitismo. Se determinó contando el número de ninfas y exuvias con signos de parasitismo, en una área de 1,5 cm², de la parte basal del envés de 12 folíolos, uno por planta, por tratamiento, seleccionados al azar. Estos conteos se realizaron cada siete días, de los 53 a los 81 días después del trasplante (ddt).

Abundancia y diversidad de parasitoides. Para determinar la presencia y abundancia de los parasitoides, las porciones de folíolos de tomate, tomados en los muestreos descritos anteriormente, que contenían ninfas parasitadas, se colocaron en cajas de Petri con algodón húmedo. Cada tres días se revisaban para determinar la emergencia y los parasitoides emergidos se clasificaron por apariencia. Se efectuaron montajes en laminillas para la determinación taxonómica, la cual fue efectuada por el Dr. Michael E. Schauff (Systematics Entomology Laboratory, Agricultural Research Service, USDA, Maryland, EEUU).

Rendimientos. La cosecha se efectuó entre los 75 y 91 ddt, seleccionando frutos rojos intermedios (con áreas rojas). Se pesaron todos los frutos por tratamiento y por repetición. En total, se realizaron cuatro cosechas.

Análisis de resultados

Se utilizaron los programas SAS, y Statistica®. Para las variables abundancia de adultos y el nivel de parasitismo, se efectuó un análisis de varianza con arreglo en parcelas divididas. Cuando hubo diferencias significativas ($P \leq 0,05$) en el tiempo, se realizó el análisis

de varianza (ANOVA) por fecha y se observó la tendencia gráficamente. En la comparación de medias se empleó la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$). El rendimiento se analizó mediante el procedimiento ANOVA, mientras que las variables incidencia viral y diversidad de parasitoides se analizaron de manera porcentual y mediante la prueba binomial, comparando proporciones pareadas. En cuanto a la diversidad de arvenses, únicamente se analizaron por promedios las ninfas y el nivel de parasitismo.

Resultados y discusión

Abundancia de adultos de *B. tabaci*. La única especie de Aleyrodidae encontrada fue *B. tabaci*, la cual apareció en el cultivo desde el trasplante. Hasta los 70 ddt no hubo diferencias entre los tratamientos y en general hubo baja densidad (0,5) de adultos por folíolo. Sin embargo, una semana después se inició un incremento de la población (Fig. 1). A los 77 ddt, en las parcelas donde se permitió el libre crecimiento de arvenses se determinó un promedio de 1,2 adultos/folíolo, lo cual difirió ($P < 0,05$) de lo registrado para el tratamiento sin arvenses (2,7 adultos/folíolo). Esta condición se mantuvo hasta los 84 ddt. El tratamiento con presencia de arvenses alrededor del cultivo registró un valor intermedio para esta variable. La distribución uniforme de adultos de *B. tabaci* en los tres tratamientos hasta los 70 ddt, pudo deberse a la poca distancia entre las unidades experimentales, ya que esta plaga puede moverse fácilmente con el viento a grandes distancias (hasta 7 km) (Byrne y Bellows 1991).

El promedio de adultos de *B. tabaci* por folíolo durante toda la temporada fue diferente estadísticamente entre tratamientos, registrándose el mayor valor ($10,81 \pm 15,59$) para el tratamiento sin arvenses, seguido del tratamiento con arvenses alrededor del cultivo ($8,06 \pm 12,99$) y el menor para el tratamiento con libre crecimiento de arvenses ($3,58 \pm 4,51$).

El incremento de la población de *B. tabaci*, especialmente a los 84 ddt, quizás fue ocasionado por la suspensión de las aplicaciones de insecticidas utilizados para el combate de diabroticas (Chrysomelidae), membrácidos (Membracidae) y gusanos del fruto (Noctuidae), y probablemente por el incremento en la temperatura, aunado con la última fase de desarrollo del cultivo. Byrne y Bellows (1991) mencionan que la temperatura, precipitación y velocidad del viento son elementos clave en la distribución y abundancia de la mosca blanca.

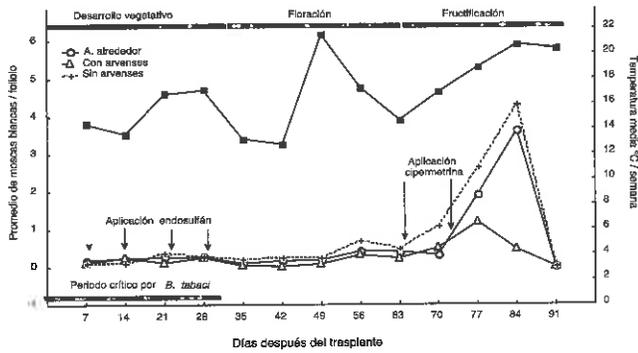


Figura 1. Densidad poblacional de adultos de *B. tabaci* por tratamiento a diferentes días después del trasplante. Veracruz, México.

En las parcelas donde crecieron arvenses, la densidad de adultos de *B. tabaci* fue menor que en aquellas libres de éstas, lo cual confirma lo obtenido por Amador e Hilje (1993) y Viveros (1999) quienes mencionan que la eliminación de arvenses en el agroecosistema, generalmente se asocia con una mayor densidad de mosca blanca e incidencia viral. Altieri (1992) e Hilje (2001) indican que la vegetación silvestre dificulta a los insectos la localización de las plantas que se desean proteger y reduce la densidad poblacional sobre el cultivo. Hilje (2001) señala que las coberturas vivas aportan materia orgánica y nutrimentos al suelo, pero que además generan ingresos adicionales por la venta de productos.

Incidencia viral. Con base en la observación de las plantas y las claves para la identificación utilizadas (según la sintomatología), se infirió que en la parcela se presentó un complejo viral conformado por los virus: *Virus del Mosaico del Tabaco (Tobacco Mosaic Virus)*, *Virus Chino del tomate (Tomato Leaf Curl Virus)*, *Virus moteado del tomate (Tomato Mottle Virus)*, y *Virus de la marchitez manchada del tomate (Tomato Spotted Wilt Virus)*. No se determinaron diferencias estadísticas entre los tres tratamientos, ya que la enfermedad fue aparente hasta los 21 ddt (Fig. 2), manteniéndose baja hasta los 35 ddt, lo cual coincidió con las aplicaciones de endosulfán. Sin embargo, la distribución uniforme de la incidencia viral en los tres tratamientos hasta los 35 ddt, posiblemente fue ocasionado por la ausencia de arvenses en todos los tratamientos al inicio del experimento; por lo cual *B. tabaci* pudo arribar a todas las unidades experimentales sin distinción del tratamiento. Al respecto, Urías y Rodríguez (1995) indican que el tiempo mínimo para que la

mosca blanca adquiera el virus e infecte a un cultivo sano es de cuatro horas.

Posteriormente, en el tratamiento sin arvenses, la proporción de plantas de tomate enfermas se incrementó rápidamente, alcanzando 60% a los 56 ddt, mientras que en los tratamientos con arvenses alrededor y con libre crecimiento de arvenses alcanzó 47 y 45%, respectivamente; éstos tratamientos fueron diferentes estadísticamente ($P < 0,05$) (Fig. 2). Lo anterior coincide con lo obtenido por Calderón *et al.* (1994) quienes mencionan que la densidad poblacional de adultos de mosca blanca e incidencia viral disminuye significativamente cuando el tomate se siembra con coberturas vivas. Por su parte, Viveros (1999) señala que si bien la presencia de arvenses no evita la incidencia viral, si retarda la aparición y proporción de plantas enfermas en el tiempo. Se considera que no es necesaria la presencia de una densidad poblacional alta para que la enfermedad se disemine rápidamente, ya que como menciona Hilje (2001) en Costa Rica se ha registrado 100% de incidencia del *Virus del moteado amarillo del tomate (ToYMoV)* con densidades promedio de 0,3 adultos por planta.

Diversidad de arvenses. Se identificaron 32 especies de arvenses pertenecientes a 14 familias botánicas (Cuadro 1).

Con respecto a la abundancia relativa de las especies, *Cyperus rotundus* alcanzó el índice más alto, seguido de *Cynodon plectostachyus*, *Cleome aff. pilosa*, *Rhynchosia minima* y *Aldama dentata*.

De todas las arvenses identificadas, solo diez especies se registraron como hospedantes de *B. tabaci*. El insecto mostró preferencia por cinco especies: *Lagascea mollis*, *C. a. pilosa*, *A. dentata*, *R. minima* y *Lycianthes lenta*. Las especies *L. mollis* y *A. dentata*

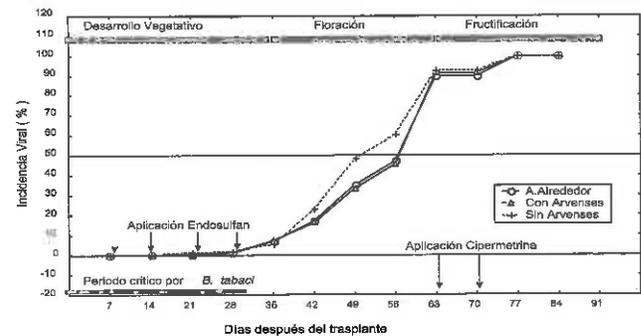


Figura 2. Incidencia viral en plantas de tomate registrada a diferentes días después del trasplante, en parcela experimental con diferente arreglo de arvenses. Veracruz, México.

también fueron reportadas como hospedantes de *B. tabaci* por Arcos (1994). *B. tabaci* tuvo preferencia por *L. mollis*, alcanzando en promedio más de 2 ninfas/hoja; los mayores valores se registraron en el tratamiento con libre crecimiento de arvenses. El número de ninfas presentes en las arvenses fue bajo, debido a que muchas de éstas ya se encontraban en etapa de senescencia. Al respecto Serra (1996) indica que la mosca blanca siempre prefiere el follaje tierno y succulento.

Nivel de parasitismo. Los porcentajes de parasitismo variaron entre 1,4% y 17% entre tratamientos (Fig. 3). Después de cinco semanas, en los tratamientos con libre crecimiento de arvenses, arvenses alrededor y sin arvenses, las moscas blancas presentaron un parasitismo total de 11,47; 7,32 y 3,91%, respectivamente. Cave (1996) menciona que la vegetación silvestre puede atraer o albergar poblaciones importantes de parasitoides de *B. tabaci*. Sin embargo, en esta investigación no hubo diferencias significativas entre tratamientos para el total de ninfas parasitadas por ciclo ($P < 0,43$),

lo cual pudo deberse a la poca distancia que había entre tratamientos (3,6 m y 6,5 m entre tratamientos).

Parasitismo de *B. tabaci* en arvenses. El mayor promedio de parasitismo se presentó en *L. lenta* y *A. dentata*, registrándose en ambas un promedio máximo de 0,16 ninfas parasitadas por hoja en el tratamiento con libre crecimiento de arvenses. Esto sugiere que éstas especies de arvenses y otras podrían conservarse en el campo, o recolectarse para obtener y criar parasitoides. En general, las arvenses presentes en el tratamiento con libre crecimiento de éstas, presentaron el mayor promedio de parasitismo de *B. tabaci*.

El parasitismo fue muy bajo debido a la escasa presencia de ninfas en todas las arvenses hospedantes; al respecto, Arredondo (1995) menciona que los parasitoides (factores bióticos) son dependientes de la densidad y actúan en relación directa a ésta, es decir, si hay crecimiento de la población de la plaga también hay crecimiento de la población de insectos entomófagos y a la inversa.

Cuadro 1. Arvenses asociadas al cultivo de tomate. Veracruz, México.

Familia	Nombre científico	Nombre común
Aizoaceae	<i>Trianthema portulacastrum</i> L.	Verdolaga
Amaranthaceae	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	-----
Asteraceae	<i>Eclipta alba</i> (L.) Hassk.*	-----
	<i>Lagascea mollis</i> Cav.*	Romerillo
	<i>Aldama dentata</i> Llave & Lex.*	Acahual
	<i>Tridax procumbens</i> L.	Chimalaco
Capparidaceae	<i>Cleome aff. pilosa</i> Benth *	Flor amarilla
Convolvulaceae	<i>Ipomea trifida</i> (H.B. K.) G. Don	Bejuco
Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Coquillo
Euphorbiaceae	<i>Croton lobatus</i> L.*	Frailecillo
	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.*	Lechoza, pascúa
	<i>Euphorbia hyssopifolia</i> L.	Lechocilla
	<i>Julocroton argenteus</i> (L.) Didrichsen	Jonotillo
	<i>Phyllanthus niruri</i> L.	Tamarindillo
Fabaceae	<i>Chamaecrista glandulosa</i> (L.) Greene	-----
	<i>Mucuna pruriens</i> (L.) DC.	Pica pica
	<i>Rhynchosia minima</i> (L.) DC.*	Bejuco
	<i>Crotalaria incana</i> L.	Sonajilla
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia erecta</i> L.	Hierba blanca
Poaceae	<i>Coelorachis ramosa</i> (Fourn) Nash.	-----
	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaerth	-----
	<i>Urochloa reptans</i> (L.) Stapf	-----
	<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	Zacate de agua
	<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd	Zacate pata de gallo
	<i>Urochloa fasciculata</i> (Sw.) RD. Webster	-----
	<i>Cynodon plectostachyus</i> (K. Schum) Pilger	-----
Solanaceae	<i>Solanum myriacanthum</i> Dunal.*	-----
	<i>Solanum nigrescens</i> Martens & Gal.*	Hierba mora
	<i>Lycianthes lenta</i> (Cav.) Bitter *	-----
Sterculiaceae	<i>Melochia pyramidata</i> L.	Escoba morada, escobillo
Tiliaceae	<i>Corchorus aestuans</i> L.	Malva
Zygophyllaceae	<i>Kallstroemia maxima</i> (L.) Hook	-----

*Arvenses hospedantes de *B. tabaci*.

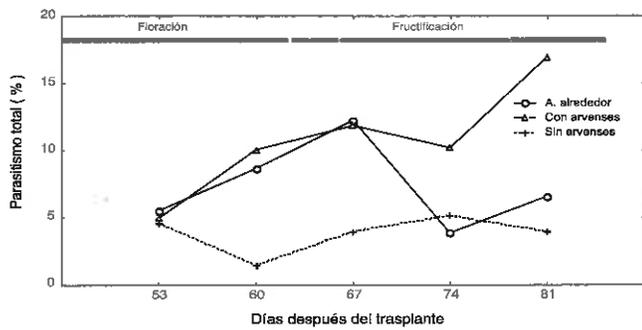


Figura 3. Porcentaje de parasitismo sobre *B. tabaci* en plantas de tomate a diferentes días después del trasplante, en parcela experimental con diferente arreglo de arvenses. Veracruz, México.

Abundancia de parasitoides. De los parasitoides recolectados se identificaron dos especies de Aphelinidae, *Eretmocerus tejanus* Rose y Zolnerowich, y *Encarsia pergandiella* Howard. De acuerdo con González-Hernández (comunicación personal 2001) en México no se tiene registro de *E. tejanus*. Bennet *et al.* (1990) mencionan que en Florida, EE.UU. y áreas neotropicales de México existe gran diversidad de parasitoides de *B. tabaci*, entre las que destacan *E. californicus*, *E. pergandiella* y *Encarsia nigricephala* Dozier.

Los porcentajes de parasitismo por especie fluctuaron de 0 a 8% para *E. pergandiella* y de 0 a 4% para *E. tejanus*. En general, en todos los tratamientos se encontró más *E. pergandiella* que *E. tejanus*. Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticas entre las dos especies por tratamiento (Cuadro 2).

Por el contrario, solo se detectaron diferencias significativas a los 67 y 74 ddt, en el tratamiento con libre crecimiento de arvenses y sin arvenses, respectivamente. En estos muestreos el mayor porcentaje por especie correspondió a *E. pergandiella*.

En Sinaloa, Alarcón (1993) determinó un grado de parasitismo de *B. tabaci* por *E. pergandiella* de 4,3 a 12,3% en cultivos y arvenses. Sin embargo, Pacheco y Pacheco (1996) mencionan que en el Valle del Ya-

qui, esta especie alcanzó niveles de parasitismo natural de hasta 63,5% en soya, hortalizas y arvenses. Cave (1996) indica que el nivel de parasitismo en el campo varía dependiendo de varios factores, tales como la época del año, la especie de planta hospedante, el uso de insecticidas y la densidad de *B. tabaci*.

Rendimientos. Los tratamientos evaluados no afectaron el rendimiento del cultivo ($P = 0,35$) (Cuadro 3). En general, el rendimiento total por tratamiento fue bajo. Esto quizás se debió a varios factores como: a) la siembra tardía de tomate para la región de estudio, b) la variedad usada es muy susceptible a virosis, c) la no aplicación de insecticidas durante la etapa de fructificación y d) muerte de la plantación por granizo, lo cual impidió realizar más cosechas.

Un aspecto que causa controversia en los beneficios de usar o conservar arvenses es el menor rendimiento (frutos), como consecuencia de la competencia entre las arvenses y el cultivo. Es ampliamente conocido que la humedad, los elementos nutritivos y la luz disponible son recursos por los cuales se crea competencia entre el cultivo y las arvenses, lo cual afecta el rendimiento del cultivo.

Si se extrapola el rendimiento de las unidades experimentales a hectáreas, los rendimientos serían de 6,8 t/ha en el tratamiento sin arvenses, 5,7 t/ha en el tratamiento con arvenses alrededor y 3,2 t/ha en el tratamiento sin arvenses. Estos fueron incluso menores que el promedio estatal (13 t/ha) para Veracruz (SAGAR 1997). Los bajos rendimientos obtenidos, la baja calidad comercial y la incidencia viral registrada, confirman lo expuesto por Stevens (1996) y Ley y García (1998) respecto a que los ataques de mosca blanca, en etapas tempranas del cultivo reducen el número y calidad comercial del producto.

Consideraciones finales

La reducción de la densidad poblacional de adultos de *B. tabaci* e incidencia viral sobre el cultivo de tomate,

Cuadro 2. Total de ninfas de *B. tabaci* en folíolos de tomate y porcentaje de parasitismo por *E. pergandiella* y *E. tejanus* por tratamiento. Veracruz, México.

ddt	Libre crecimiento de arvenses			Arvenses alrededor			Sin arvenses		
	N	Ep	Et	N	Ep	Et	N	Ep	Et
53	39	0,00 a*	2,56 a	53	1,89 a	1,89 a	62	0,00 a	1,61 a
60	105	1,90 a	0,95 a	129	2,32 a	0,77 a	128	2,34 a	0,00 a
67	169	7,69 a	2,96 b	189	6,88 a	4,23 a	216	3,24 a	2,31 a
74	254	1,97 a	0,39 a	188	1,60 a	1,06 a	281	2,85 a	0,00 b
81	102	0,00 a	0,98 a	350	1,43 a	0,28 a	606	0,00 a	0,33 a
X		2,31	1,57		2,82	1,65		1,69	0,85

ddt = Días después del trasplante; N = Ninfas; Ep = *E. pergandiella*; Et = *E. tejanus*. X = Promedio.

* Los porcentajes con la misma letra no son estadísticamente diferentes, ($P = 0,05$).

Cuadro 3. Rendimiento de tomate por tratamiento, según cosechas. Veracruz, México.

ddt/corte	Tratamientos		
	Libre crecimiento de arvenses	Arvenses alrededor	Sin arvenses
75/1	34 150	22 460	23 940
82/2	49 450	69 032	86 429
87/3	36 050	58 265	68 281
91/4	16 175	41 020	48 457
Total (kg)	135 825	190 777	227 107
Total (t/ha)	3,2	5,7	6,8

con presencia de arvenses podría deberse a que ellas favorecen la presencia de enemigos naturales y su eficacia al proveer hospedantes o presas alternativas o por la disponibilidad de alimento para la plaga o bien porque las arvenses proveen alimento y refugio a los enemigos naturales. La eliminación de arvenses en todos los surcos del cultivo de tomate aumentó la densidad poblacional de *B. tabaci* por planta de tomate. Los umbrales de acción son muy bajos para insectos vectores ya que pocos adultos son suficientes para dispersar y mantener el riesgo de progreso de enfermedades virales en cultivos de alto valor económico, como el tomate, por lo que es necesario utilizar otras estrategias de manejo de plagas, como complemento al uso de arvenses. Algunas de estas pueden ser uso de plaguicidas selectivos cuando sea estrictamente necesario, para no afectar la fauna benéfica, tal como los parasitoides *E. pergandiella* o *E. tejanus*, presentes dentro de los cultivos o en la vegetación presente cerca de la plantación.

Literatura citada

Alarcón M, S. 1993. Control biológico de mosquita blanca en Sinaloa. *In* Taller sobre Control Biológico de Mosquita Blanca (2, 1993, Culiacán, Sin. México). Memoria. SARH. p. 19-22.

Altieri, MA. 1983. Agroecología. Bases Científicas de la Agricultura Alternativa. Berkeley, Universidad de California. CETAL. División de Control Biológico. 184 p.

Altieri, MA. 1992. Biodiversidad, Agroecología y Manejo de Plagas. Berkeley, Universidad de California. CETAL. División de Control Biológico. 162 p.

Amador, R; Hilje, L. 1993. Efecto de coberturas vivas e inertes sobre la atracción de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) al cultivo de tomate. *Manejo Integrado de Plagas* (Costa Rica) 29: 14-21.

ASERCA (Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria). 1995. *Revista Claridades Agropecuarias*. México. 252: 1-15.

Bennett, FD; Schuster, DJ; Hoelmer, LS; Evans, G. 1990. Survey of the sweetpotato whitefly parasitoids in cultivated and wild hosts in Florida and Neotropics. *Sweetpotato Whitefly Mediated Vegetable disorders in Florida*. p. 75-77.

Byrne, ND; Bellows, TS. 1991. Whitefly biology. *Annu. Rev. Entomol.* 36: 431-457.

Calderón, L; Dardón, D; Salguero, V. 1994. Efectos de coberturas del suelo sobre poblaciones de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y acolchamiento en tomate. *In* Manejo Integrado de la Mosca Blanca en Tomate. Dardón, D; Salguero, V. Ed. Guatemala, Proyecto MIP-ICTA-CATIE-ARF. p. 45-54.

Cave, RD. 1996. Parasitoides y depredadores. *In* Metodologías para el Estudio y Manejo de Moscas Blancas y Geminivirus. Hilje, L Ed. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie de Materiales de Enseñanza no. 37 p. 69-76.

Hilje, L. 2001. Avances hacia el manejo sostenible del complejo mosca blanca-geminivirus en tomate, en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas* (Costa Rica) 61:69-80.

Ley F, JH; García E, RS. 1998. Virus que afectan al cultivo de tomate. *In* Enfermedades de las Hortalizas. Cruz O, JE; García E, RS; Carrillo F, JA. Ed. Culiacán, México, Universidad Autónoma de Sinaloa/INIFAP. p. 79.

Licona V, A. 1993. Hortalizas. La Agricultura Tropical Mexicana. Veracruz, Tabasco y Yucatán. CRUO-CRUSE-CRUPY. Ed. Chapingo, México, Universidad Autónoma. p. 13-14.

Ortega A, LD. 1998. Resistencia de *Bemisia argentifolii* a insecticidas: implicaciones y estrategias de manejo en México. *Manejo Integrado de Plagas* (Costa Rica) 49: 10-25.

Ortega A, LD; Lagunes T, A; Rodríguez M, JC; Rodríguez H, C; Alatorre R, R; Bárcenas O, NM. 1998. Susceptibilidad a insecticidas en adultos de mosquita blanca *Trialeurodes vaporariorum* (West.) (Homoptera: Aleyrodidae) de Tepoztlán, Morelos, México. *Agrociencia* (México) 32: 249-254.

Pacheco C, JJ; Pacheco M, F. 1996. Mosquitas blancas en el noroeste de México 1994. *Memoria Científica*. CEVY-CIRNO. Obregón, Sonora. 78 p.

Penagos, ID; Williams, T. 1995. Factores clave en la biología de hiperparasitoides heterónomos (Hymenoptera: Aphelinidae): agentes para el control biológico de mosquita blanca y escamas. *Acta Zool. Mex.* 66: 33-57.

Pernezny, K; Schuster, D; Stanley, P; Simone, G; Waddill, V; Funderburk, J; Johnson, F; Lentini, R; Castner, J. 1996. Florida Tomato Scouting Guide, with insect and disease identification keys. University of Florida. 45 p.

SAGAR (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural). 1997. Producción Agrícola. Tomate Rojo (Jitomate). Modalidad General. Centro de Estadística Agropecuaria. Informe. SAGAR. p. 1.

Stevens, J. 1996. Geminivirus de las plantas. *Productores de Hortalizas* (México) 5: 38-44.

Urias M, C; Rodríguez, MR; Silva, S. 1995. Mosquita Blanca (Homoptera: Aleyrodidae) como vector de virus. *Fitófilo* (México) 88(48): 25-52.

Urias M, C; Alejandre A, T. 1999. Los virus y su impacto en la producción agrícola. *In* Hortalizas: plagas y enfermedades. México, Trillas. p. 92-109.

Van Emden, HF. 1965. The role of uncultivated land in the biology of crop pests and beneficial insects. *Sci. Entomol.* 17: 121-126.

Viveros G, A. 1999. Complejo mosca blanca (*Bemisia tabaci* Genn.)-virosis en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) interferido con arvenses. Tesis MSc. Ver. México, Colegio de Postgraduados. Campus Veracruz. 114 p.

Walker AJ; Greenberg, SM. 1998. Suitability of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) instars for the parasitoid *Eretmocerus mundus* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Environ. Entomol.* 27: 1569-1573.

Efecto de enmiendas orgánicas y de un hongo micorrícico sobre *Radopholus similis* en banano (*Musa* AAA cv Valery)¹

Federico Ayuso²

RESUMEN. La presente investigación se realizó en una plantación comercial de banano cv. Valery *Musa* (AAA), en la zona atlántica de Costa Rica. Se evaluó el efecto de tres enmiendas orgánicas (compost, gallinaza y bocashi), solas y en combinación con el hongo micorrícico *Glomus* sp. sobre la población y daño causado por *Radopholus similis* al sistema radical de plantas de banano, comparándolas con el efecto de la rotación de tres nematicidas sintéticos (Nemacur, Furadan y Counter) utilizados convencionalmente en la zona en mención, y un testigo absoluto. Se utilizó 21,6 t/ha/año de cada una de las enmiendas y 10 g de inóculo/planta/mes de *Glomus* sp. El tratamiento de nematicidas consistió en la aplicación de 40g/planta de Nemacur el primer mes del experimento, 35 g/planta de Furadan el sexto mes y 10 g/planta de Counter el noveno mes. Las variables evaluadas fueron: población de *R. similis*/100 g de raíz, peso de raíz funcional y de raíz muerta o necrosada. El efecto de la población de *R. similis* en el sistema radical de las plantas de banano se evaluó mensualmente, durante un año, junto con las variables de peso de raíz funcional y porcentaje de raíz muerta. Se utilizó un arreglo factorial de 3x3x2, en un diseño de bloques completos al azar. Se realizó un análisis de varianza por mes y una prueba de contrastes ortogonales. Se determinaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) para la población de *R. similis*/100 g de raíz, para los meses 6, 9 y 12 pero no para el peso de raíz funcional y porcentaje de raíz muerta durante los 12 meses del estudio. Las enmiendas orgánicas tuvieron efectos significativos ($P < 0,05$) sobre la población del nematodo/100 g de raíz, en los meses 6, 9 y 12. En el mes 6, el bocashi logró el mejor efecto, mientras que en los meses 9 y 12, el compost y la gallinaza lograron una mayor reducción de la población del nematodo con respecto al bocashi. Al final del experimento, el compost y la gallinaza no mostraron diferencias significativas en cuanto al control de *R. similis*; no obstante, el tratamiento con gallinaza fue el que tuvo la menor población, incluso menor que la de los tratamientos con nematicidas sintéticos. El hongo micorrícico no mostró efecto significativo sobre la población de *R. similis*, y sus dos niveles no mostraron diferencias; sin embargo, en el mes 12, la interacción enmienda orgánica + *Glomus* sp. mostró un efecto significativo, determinándose la menor población del nematodo en el tratamiento de gallinaza + *Glomus* sp.

Palabras clave: Enmiendas orgánicas, *Glomus* sp., *Musa* (AAA), *Radopholus similis*, Control biológico.

ABSTRACT. Effect of organic amendments and a mycorrhizal fungus on *Radopholus similis* in banana (*Musa* AAA cv Valery). The present investigation was realized on a commercial banana cv. Valery *Musa* (AAA) plantation, in the Atlantic region of Costa Rica. The effect of three organic amendments (compost, chicken manure and bocashi) alone and in combination with a mycorrhizal fungus *Glomus* sp. on the population and damage caused by *R. similis* in the root system of banana plants was evaluated, comparing them with the effect of a rotation of three synthetic nematicides (Nemacur, Furadan and Counter) utilized conventionally in the region aforementioned, and an absolute control. For each of the amendments, 21.6 t/ha/year was utilized and 10g of inoculum/plant/month for the *Glomus* sp. The nematicide treatment consisted of the application of 40g/plant of Nemacur the first month of the experiment, 35g/plant of Furadan the sixth month of the experiment and 10g/plant of Counter the ninth month. The variables evaluated were: population of *R. similis*/100g of root, functional root and dead or rotten root weight. The effect of the *R. similis* population on the root system of the banana plants was evaluated monthly, for a year, together with the variables functional root weight and percentage of dead root. A factorial arrangement of 3x3x2 was utilized, in a random complete block design. An

¹ Parte de la tesis de Posgrado del primer autor. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

² Consultor independiente. Turrialba Costa Rica. ayuso_federico@hotmail.com

analysis of variance per month and an orthogonal comparison test were performed. Highly significant ($P < 0.01$) differences were determined for the population of *R. similis*/100g of root, for the months 6, 9 and 12 but not for the functional root weight and percentage of dead root during the 12 months of the study. The organic amendments had significant ($P < 0.05$) effects on the population of nematodes/100 g of root, in the months 6, 9 and 12. In the month 6, the bocashi achieved the greatest effect, whilst in the months 9 and 12, the compost and chicken manure achieved the greatest reduction of the nematode population in comparison to bocashi. At the end of the experiment, the compost and chicken manure did not show significant differences in regard to the control of *R. similis*. However, the treatment with chicken manure was the one with the smallest population, including smaller than that in the treatments with synthetic nematicides. The mycorrhizal fungus did not show a significant effect on the population of *R. similis*, and its two levels did not show differences. However, in the month 12, the interaction organic amendment + *Glomus* sp. did show a significant effect, the smallest population of the nematode was determined in the treatment of chicken manure + *Glomus* sp.

Key words: Organic amendments, *Glomus* sp., *Musa* (AAA), *Radopholus similis*, Biological control.

Introducción

En el cultivo de banano *Musa* (AAA) y plátano *Musa* (AAB), usualmente, se utilizan grandes cantidades de agroquímicos con el propósito de lograr volúmenes de producción rentables, especialmente en plantaciones en regiones tropicales, ambiente propicio para el desarrollo del cultivo, pero también nicho ecológico de varias plagas que lo afectan severamente.

Se han reportado 150 especies de nematodos asociados con las raíces de musáceas (Gowen y Quéhérvé 1990); sin embargo, la mayoría tienen una patogenicidad limitada o desconocida. Entre los nematodos que causan más daño al cultivo de banano están el nematodo barrenador (*Radopholus similis*) y especies pertenecientes a los géneros *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* y *Meloidogyne*. *R. similis* está estrictamente limitado a las áreas tropicales, siendo el problema principal en plantaciones comerciales del subgrupo Cavendish (Stanton 1994).

La infestación de nematodos en el cultivo de banano provoca la destrucción de raíces y tejidos del cormo, disminuyendo la absorción de agua y minerales, lo cual afecta el crecimiento y desarrollo de la planta y puede ocasionar una severa disminución en el peso del racimo e incrementar significativamente el período entre dos cosechas sucesivas (Stanton 1994). En América del Sur, América Central y los países del Caribe; *R. similis* es considerado la especie de nematodo más dañina y ampliamente distribuida de las que atacan el banano (Davide 1996). *R. similis* reduce la producción bananera entre 30 y 50% en Costa Rica y Panamá, mientras que en Guatemala y Honduras ocasiona pérdidas entre 10 y 20% (Molina y Molina, citado por Davide 1996).

La aplicación periódica de los nematicidas sintéticos podría estar causando un severo impacto en la biota rizosférica de plantaciones comerciales que han sido explotadas intensivamente durante varios años, aunque no existen aún estudios microbiológicos que demuestren esto. Sin embargo, Vilich y Sikora (1998), señalan que tanto el suelo de un ecosistema natural, como el de un agroecosistema perturbado, contienen cierto espectro de biodiversidad y que las diferencias entre estos sistemas se deben a la reducción de la biomasa global. Estos mismos autores afirman que la reducción de la biodiversidad es usualmente causada por la disminución de la materia orgánica y por baja diversidad de plantas presentes en un monocultivo. En las plantaciones bananeras de las áreas tropicales los contenidos de materia orgánica son relativamente bajos (Dorel y Besson 1996), lo cual repercute sobre la biota rizosférica y sobre la cantidad de enemigos naturales de los nematodos presentes en ella.

Las enmiendas orgánicas incrementan el contenido de materia orgánica en el suelo y favorecen las propiedades físicas de éste, tales como la estructura, porosidad, retención de agua y regulación de temperatura. También mejoran las propiedades químicas del suelo porque la materia orgánica tiene la capacidad amortiguadora, es decir la propiedad de regular la acidez o alcalinidad del suelo.

Todas las enmiendas orgánicas ejercen un amplio y extensivo espectro de actividad sobre la microflora nativa de la rizosfera y del tejido radical (Liu *et al.* 1995). No obstante, el tipo y grado de control biológico también es determinado por la composición, maduración y forma de aplicación de las enmiendas.

En evaluaciones de las interacciones entre *Meloidogyne incognita* y *M. javanica* con hongos micorrícicos como *Glomus mosseae*, bajo diferentes niveles de fertilización fosforada se determinó que la interacción entre *G. mosseae* y *M. incognita*, aumenta la tolerancia del hospedante (raíces de plantas de banano) al nematodo, compensando los daños causados por éste mediante una reducción en su reproducción e incrementando el desarrollo de la planta (Jaizme-Vega *et al.* 1997). La interacción entre *G. mosseae*, la planta de banano y el nematodo, fue positiva, de acuerdo a la clasificación de las interacciones propuesta por Hussey y Roncadori (1982).

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de tres enmiendas: bocashi, gallinaza y compost, solas y en combinación con el hongo micorrícico *Glomus* sp, sobre el daño ocasionado por *R. similis* en banano cv. Valery (*Musa* AAA), comparándolas con el efecto de la rotación de nematicidas sintéticos utilizados convencionalmente en la zona atlántica de Costa Rica.

Materiales y métodos

Localización del experimento

La investigación se realizó en una finca comercial de producción de banano de la zona Atlántica de Costa Rica, Siquirres, Limón, a 10° 12' N y 83° 29' O y a 15 msnm. La precipitación anual promedio fue de 4790

mm, temperatura promedio mensual de 24,9 °C (mínima 21,5 °C y máxima 29,7 °C), humedad relativa promedio de 84,5% y la evapotranspiración 3,10 mm, con un promedio de horas luz de 124,5.

El experimento se realizó en un área donde se ha cultivado banano en los últimos treinta años. El suelo fue clasificado como Aquertic Eutrudept, de textura arcillosa. Las características químicas se presentan en el cuadro 1. La finca estaba manejada (control de enfermedades e insectos plagas, fertilización y drenajes) de acuerdo a los estándares para plantaciones comerciales de banano usados en la zona. En las parcelas donde se implementó el estudio se dejaron de realizar aplicaciones de nematicidas sintéticos cinco meses antes del inicio del experimento.

Tratamientos

Los tratamientos evaluados fueron tres tipos de enmiendas orgánicas (compost, gallinaza y bocashi), aplicadas solas y en combinación con el hongo *Glomus* sp., una rotación de nematicidas sintéticos (Nemacur, Furadán, y Counter) y un testigo absoluto (Cuadro 2).

La parcela experimental fue de 400 m², con borde común. En cada parcela se muestrearon cuatro plantas al azar. Se hizo un muestreo de población inicial de *R. similis* en /100 g de raíces, en todas las parcelas y se determinó que no habían diferencias significativas (P=0,9156) entre ellas.

Cuadro 1. Análisis químico del suelo en que se ubicaron las parcelas experimentales.

Prof. (cm)	pH (H ₂ O)	A.I.	P (mg/kg)	K	Ca	Kg (cmol/kg)	Na	S	Zn	Fe	Cu	Mn	B	M.D. %
0-30	4,88	0,79	50	2,10	19,81	4,30	0,14	34	5	256	10	66	0,58	2,12

Prof= Profundidad, ppm= partes por millón, M.O.= Materia orgánica, A.I.= Acidez intercambiable.

Solución Olsen usada para fósforo. Solución de acetato de amonio para cationes. M.O: por método de Walkley Black.

Muestreo en la banda de fertilización a 30 cm de profundidad. Se muestreó en 4 sitios de cada repetición, en cada tratamiento, para conformar una muestra. Los valores son el promedio de todas las muestras de todos los tratamientos.

Cuadro 2. Descripción de tratamientos evaluados.

Tratamientos	Dosis
Compost	1 kg /planta/mes
Gallinaza	1 kg /planta/mes
Bocashi	1 kg/planta/mes
Compost + <i>Glomus</i> sp.	1 kg de compost + 10 g de <i>Glomus</i> sp./planta/mes
Gallinaza + <i>Glomus</i> sp.	1 kg de gallinaza + 10 g de <i>Glomus</i> sp./planta/mes
Bocashi + <i>Glomus</i> sp.	1 kg de bocashi + 10 g de <i>Glomus</i> sp./planta/mes
Rotación de nematicidas sintéticos	Nemacur 10G (40 g/planta, aplicado al primer mes del experimento), Furadan 10G (35 g/planta, aplicado al sexto mes del experimento) y Counter 10G (10 g/planta, aplicado al noveno mes del experimento).
Testigo absoluto	Sin aplicación de enmiendas ni nematicidas

En evaluaciones de las interacciones entre *Meloidogyne incognita* y *M. javanica* con hongos micorrícicos como *Glomus mosseae*, bajo diferentes niveles de fertilización fosforada se determinó que la interacción entre *G. mosseae* y *M. incognita*, aumenta la tolerancia del hospedante (raíces de plantas de banano) al nematodo, compensando los daños causados por éste mediante una reducción en su reproducción e incrementando el desarrollo de la planta (Jaizme-Vega *et al.* 1997). La interacción entre *G. mosseae*, la planta de banano y el nematodo, fue positiva, de acuerdo a la clasificación de las interacciones propuesta por Hussey y Roncadori (1982).

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de tres enmiendas: bocashi, gallinaza y compost, solas y en combinación con el hongo micorrícico *Glomus* sp, sobre el daño ocasionado por *R. similis* en banano cv. Valery (*Musa* AAA), comparándolas con el efecto de la rotación de nematicidas sintéticos utilizados convencionalmente en la zona atlántica de Costa Rica.

Materiales y métodos

Localización del experimento

La investigación se realizó en una finca comercial de producción de banano de la zona Atlántica de Costa Rica, Siquirres, Limón, a 10° 12' N y 83° 29' O y a 15 msnm. La precipitación anual promedio fue de 4790

mm, temperatura promedio mensual de 24,9 °C (mínima 21,5 °C y máxima 29,7 °C), humedad relativa promedio de 84,5% y la evapotranspiración 3,10 mm, con un promedio de horas luz de 124,5.

El experimento se realizó en un área donde se ha cultivado banano en los últimos treinta años. El suelo fue clasificado como Aquertic Eutrudept, de textura arcillosa. Las características químicas se presentan en el cuadro 1. La finca estaba manejada (control de enfermedades e insectos plagas, fertilización y drenajes) de acuerdo a los estándares para plantaciones comerciales de banano usados en la zona. En las parcelas donde se implementó el estudio se dejaron de realizar aplicaciones de nematicidas sintéticos cinco meses antes del inicio del experimento.

Tratamientos

Los tratamientos evaluados fueron tres tipos de enmiendas orgánicas (compost, gallinaza y bocashi), aplicadas solas y en combinación con el hongo *Glomus* sp., una rotación de nematicidas sintéticos (Nemacur, Furadán, y Counter) y un testigo absoluto (Cuadro 2).

La parcela experimental fue de 400 m², con borde común. En cada parcela se muestrearon cuatro plantas al azar. Se hizo un muestreo de población inicial de *R. similis* en /100 g de raíces, en todas las parcelas y se determinó que no habían diferencias significativas (P=0,9156) entre ellas.

Cuadro 1. Análisis químico del suelo en que se ubicaron las parcelas experimentales.

Prof. (cm)	pH (H ₂ O)	A.I.	P (mg/kg)	K	Ca (cmol/kg)	Kg	Na	S	Zn	Fe	Cu	Mn	B	M.D. %
0-30	4,88	0,79	50	2,10	19,81	4,30	0,14	34	5	256	10	66	0,58	2,12

Prof.= Profundidad, ppm= partes por millón, M.O.= Materia orgánica, A.I.= Acidez intercambiable.

Solución Olsen usada para fósforo. Solución de acetato de amonio para cationes. M.O. por método de Walkley Black.

Muestreo en la banda de fertilización a 30 cm de profundidad. Se muestreó en 4 sitios de cada repetición, en cada tratamiento, para conformar una muestra. Los valores son el promedio de todas las muestras de todos los tratamientos.

Cuadro 2. Descripción de tratamientos evaluados.

Tratamientos	Dosis
Compost	1 kg /planta/mes
Gallinaza	1 kg /planta/mes
Bocashi	1 kg/planta/mes
Compost + <i>Glomus</i> sp.	1 kg de compost + 10 g de <i>Glomus</i> sp./planta/mes
Gallinaza + <i>Glomus</i> sp.	1 kg de gallinaza + 10 g de <i>Glomus</i> sp./planta/mes
Bocashi + <i>Glomus</i> sp.	1 kg de bocashi + 10 g de <i>Glomus</i> sp./planta/mes
Rotación de nematicidas sintéticos	Nemacur 10G (40 g/planta, aplicado al primer mes del experimento), Furadán 10G (35 g/planta, aplicado al sexto mes del experimento) y Counter 10G (10 g/planta, aplicado al noveno mes del experimento).
Testigo absoluto	Sin aplicación de enmiendas ni nematicidas

En la elaboración del bocashi (480 kg) se utilizaron 5 sacos (45 kg cada uno) de tierra, 2 sacos de gallinaza, 1 saco de carbón molido, 1 saco de semolina, 1 saco de estiércol de cabra, 2 sacos de granza de arroz (cascarilla de arroz) y 2 L de melaza. Los materiales se colocaron en capas y se mezclaron bien, formando un montículo de 50 cm. Durante los cuatro días siguientes y dos veces por día se mezclaron bien los materiales para evitar que la temperatura fuera >45°C. El quinto día se mezcló y redujo la pila a una altura de 30 cm, un día después se volvió a mezclar y la altura de la pila se redujo a 10 cm para facilitar el secado, el cual tardó 15 días.

La elaboración del compost es un proceso aeróbico, donde se mezclan broza de café (cáscara de los frutos del café), cachaza (desechos provenientes de la industrialización de la caña de azúcar), bagazo (fibra de la caña azúcar obtenida después de su trituración para la extracción del jugo). Los componentes son colocados formando una pila, donde permanecen un mes para extraer el agua y posteriormente un mes más para lograr la descomposición microbiana. Después se mezclan bien los materiales y se forma la pila, la cual se deja hasta que la humedad sea de 48-50%.

Las enmiendas se analizaron como muestras foliares. La composición química de las tres enmiendas utilizadas se presenta en el Cuadro 3.

El inóculo de *Glomus* sp. fue suelo proveniente de macetas con plantas de *Brachiaria* sp., las cuales se utilizaron para reproducir esporas del hongo. El inóculo utilizado contenía 120 esporas del hongo/20 g de suelo.

Variables evaluadas

Para evaluar la población de nematodos se realizaron muestreos mensuales en el sistema radicular (100 g de raíces) durante los 12 meses del estudio. Se tomaron tres muestras por tratamiento. Cada muestra se formó a partir de cuatro submuestras (cuatro plantas), obtenidas de los 400 m² que formaban la parcela de cada

tratamiento. El muestreo fue aleatorio, y las raíces se tomaron de plantas que estaban recién florecidas. Para tomar la muestra se utilizó un palín y se extrajo 5 dm³ de suelo, acarreado los primeros 30 cm de profundidad; el orificio fue realizado junto al cormo, entre la planta madre y su retoño de sucesión. De esta muestra se evaluó la población de nematodos y la cantidad de raíz funcional.

En la extracción y determinación de nematodos se utilizó el método modificado de Gooris y D'Herde (1972). La transformación de los valores originales de *R. similis* fue: $\log_{10}(x + 1)$.

Para determinar la cantidad de raíces funcionales se evaluó el sistema radicular y separaron las raíces funcionales o sanas (sin síntomas de ataque y sin necrosis), de las raíces necrosadas, a las que se les denominó "raíces muertas". Se pesaron (g) las raíces funcionales de cada muestra de cada tratamiento. La transformación de los valores originales de raíces funcionales fue: peso (g) de raíz funcional = $(x + 0,5)^{1/2}$.

El porcentaje de raíces muertas fue determinado en forma similar al de raíces funcionales, pero pesando el total de raíces necrosadas. El porcentaje de raíces muertas se obtuvo con base en el peso total de raíces frescas obtenido de cada muestra. La transformación de los valores originales fue:

$$\% \text{ de raíces muertas} = \left(\frac{\text{Peso fresco de raíces necrosadas} \times 100}{\text{Peso fresco de raíz total}} \right)^{1/2} + 0,5$$

Se determinó el porcentaje de micorrización en el sistema radical de las plantas de banano con el propósito de evaluar la evolución de este proceso conforme se realizaban las aplicaciones de los tratamientos. Se determinó un porcentaje de micorrización general, es decir se evaluó la colonización radical del conjunto de hongos micorrícicos nativos, pero sin identificar el porcentaje para cada uno. Se realizaron dos muestreos del sistema radicular de las plantas en todos los tratamientos, el primero a los 9 meses de inicio del experi-

Cuadro 3. Composición química de las enmiendas orgánicas utilizadas en el estudio.

Enmienda	Porcentaje						ppm					Porcentaje		
	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Cu	Mn	B	H ₂ O	MO	pH
Bocashi	0,84	0,26	0,79	0,67	0,24	0,20	139	49 598	118	1230	21	24,8	13,1	7,12
Compost	1,87	0,37	0,74	2,34	0,23	0,26	118	16 541	857	677	15	52,2	27,1	7,37
Gallinaza	1,81	0,45	2,60	12,10	0,58	0,35	310	5 999	571	420	25	13,5	23,2	7,57

MO= materia orgánica, se utilizó método de Walkley y Black. Nitrógeno por método de Kjeldhal.

Para determinar pH, se modificó la relación de 1:1 para bocashi y 1:1.5 para gallinaza

Gallinaza= Estiércol seco obtenido del corral de gallinas ponedoras.

mento y el segundo al finalizar el mismo (mes 12). Se obtuvieron pelos radicales provenientes de las raíces extraídas en los muestreos para realizar la determinación de nematodos. Se utilizó el método de tinción de las raíces micorrizadas propuesto por Koske y Gemma (1989) y el método modificado Brundrett *et al.* (1996). La transformación de valores originales fue: % de colonización $(x + 0,5)^{1/2}$

Diseño estadístico

Se utilizó un arreglo factorial de 3x3x2, (tres repeticiones, tres enmiendas orgánicas, y dos niveles de *Glomus* sp.) en un diseño de bloques completos al azar. En total el arreglo factorial constó de 18 unidades experimentales. Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico SAS. Para la interacción entre las enmiendas orgánicas y *Glomus* sp. se realizó un análisis de varianza y se utilizó la prueba de Tukey ($P < 0,05$). También se realizó una prueba de contrastes ortogonales para comparar las enmiendas orgánicas entre sí y con la rotación de nematicidas sintéticos.

Resultados y discusión

Efecto de las enmiendas orgánicas sobre la población de *R. similis*

Se determinaron diferencias significativas entre tratamientos para los meses 6 ($P=0,0008$), 9 ($P=0,0228$) y 12 ($P=0,0001$) para la población de *R. similis*/100 g de raíz.

En el mes 6 las enmiendas disminuyeron significativamente ($P=0,0193$) la población de *R. similis*, siendo el tratamiento con bocashi el que registró la menor población con respecto a las otras dos enmiendas (Cuadro 4). En el mes 9 se determinó la menor población del nematodo ($P=0,0366$) con la aplicación de gallinaza sola (Cuadro 4). En el último mes de evaluaciones (mes 12), se encontraron diferencias altamente significativas ($P=0,0001$) entre los tratamientos para la población de *R. similis*. Las enmiendas tuvieron un efecto significativo ($P=0,0277$), y su tres niveles mostraron diferencias, siendo el compost el tratamiento que presentó la menor población promedio de *R. similis* (Cuadro 4).

Cuadro 4. Promedios y desviación estándar de la población de *R. similis*/100 g de raíz, cantidad de raíz funcional y porcentaje de raíz muerta en ocho tratamientos, en una plantación de banano *Musa* (AAA) cv. Valery.

Meses	Tratamientos***							
	Compost		Gallinaza		Bocashi		Nematicidas sintético	Testigo
	1	2	3	4	5	6	7	8
Mes 6								
<i>R. similis</i> *	15 708	12 958	9 958	9 708	10 417	4 333	5 167	3 417
	$\pm 7 290, 12$	$\pm 3 402,23$	$\pm 3 428,59$	$\pm 4 603,55$	$\pm 4 010,40$	$\pm 577,35$	$\pm 1 252,08$	$\pm 850,86$
Raíz funcional**	115,67 \pm 29,7	68,25 \pm 18,0	108,28 \pm 45,1	74,06 \pm 9,6	93,17 \pm 57,6	8,06 \pm 36,9	107,83 \pm 70,1	86,22 \pm 58,1
% Raíz muerta	33,51 \pm 7,3	46,17 \pm 7,1	29,05 \pm 13,1	37,03 \pm 0,7	30,73 \pm 11,2	34,59 \pm 10,2	34,88 \pm 18,5	40,74 \pm 14,8
Mes 9								
<i>R. similis</i>	22 250	17 542	17 583	13 625	26 708	24 875	12 333	24 625
	$\pm 6 753,67$	$\pm 2 843,12$	$\pm 3 759,02$	$\pm 1 952,56$	$\pm 11 273,72$	$\pm 49,67$	$\pm 1 701,71$	$\pm 5 980,41$
Raíz funcional	82,14 \pm 42,6	93 28 \pm 1,9	70, 67 \pm 30,4	57,50 \pm 13,4	62,75 \pm 25,1	91,33 \pm 36,5	63,25 \pm 35,4	49,08 \pm 21,5
% Raíz muerta	25,62 \pm 9,6	33,07 \pm 8,6	31,06 \pm 12,0	29,43 \pm 8,2	30,89 \pm 6,7	36,17 \pm 16,9	25,64 \pm 7,9	45,04 \pm 19,7
Mes 12								
<i>R. similis</i>	10 333	3 917	3 875	8 375	8 708	24 208	24 333	37 250
	$\pm 688,46$	$\pm 1 733,55$	$\pm 1 111,02$	$\pm 1 866,65$	$\pm 1 324,84$	$\pm 15 914,99$	$\pm 4 753,84$	$\pm 5 482,93$
Raíz funcional	67,81 \pm 17,7	64,61 \pm 20,5	52,61 \pm 13,4	47,75 \pm 10,5	94,17 \pm 63,4	54,08 \pm 17,5	125,11 \pm 50,4	56,78 \pm 16,8
% Raíz muerta	34,12 \pm 6,6	35,42 \pm 11,4	40,90 \pm 10,5	41,16 \pm 12,5	29,51 \pm 13,2	46,98 \pm 11,1	22,30 \pm 12,3	42,06 \pm 10,4

* *R. similis*/100 g de raíz

**Raíz funcional valores en g

***Medias de tres repeticiones, 4 plantas por repetición

Los meses 6, 9 y 12 fueron en los que se detectó diferencias significativas por ANDEVA ($P < 0,05$) entre tratamientos para la variable población de *R. similis*.
1=Compost + *Glomus* sp., 2=Compost, 3=Gallinaza + *Glomus* sp., 4=Gallinaza, 5= Bocashi + *Glomus* sp., 6=Bocashi, 7=Nematicidas, 8=Testigo absoluto

Gallinaza. El análisis del área bajo la curva de la población de nematodos mostró que la gallinaza con y sin el hongo endomicorrízico, fue superior a la registrada con el tratamiento con nematicidas (Cuadro 5). No obstante, al final del experimento se verificó que el tratamiento de esta enmienda tuvo el menor promedio poblacional comparado con el tratamiento con nematicidas sintéticos y el testigo (Fig. 1).

Algunos estudios han mostrado la efectividad de la gallinaza sobre los nematodos. En cultivos como tomate Chindo y Khan (1990), encontraron que la aplicación de 4 t/ha redujo el índice de agallamiento de la raíz causado por *Meloidogyne incognita* e incrementó el crecimiento y fructificación de las plantas. Estos autores también determinaron mediante estudios *in vitro* con fracciones solubles de gallinaza que el control de nematodos se debe a las sustancias tóxicas liberadas durante el proceso de descomposición de esta enmienda.

En esta investigación se utilizaron 21,6 t/ha de gallinaza durante los 12 meses del estudio; sin embargo, la elevada precipitación (4790 mm) durante todo el período, probablemente solubilizó un gran porcentaje de esta enmienda y a su vez aceleró su descomposición y lixiviación de sustancias.

El porcentaje promedio mensual de raíz muerta y raíz funcional registrado en los tratamientos con gallinaza fue muy similar al de los tratamientos con las otras dos enmiendas (Cuadro 4). No se observaron diferencias entre los tratamientos a pesar de que la gallinaza aportó gran cantidad de fósforo a la planta (Cuadro 3), lo cual podría haber estimulado el desarrollo radical.

Compost. Esta enmienda no fue diferente a la gallinaza en cuanto a su efecto sobre la población de *R. similis*, (Cuadro 5), posiblemente porque las sustancias provenientes de su descomposición, interfieren de forma similar con los nematodos que los de la gallinaza o porque los microorganismos presentes en el compost y la gallinaza lograron, durante el tiempo de experimentación, tener un efecto antagonista similar contra la población de nematodos. En este sentido Vilich y Sikora (1998) mencionan que el potencial antagonista responsable de la actividad supresora en cada enmienda probablemente está más influenciado por la acción de una comunidad de microorganismos provenientes de diversas taxas y con mecanismos de acción diferentes, que por la actividad de una especie. Al final del experimento, el tratamiento de compost obtuvo la menor población comparado con el tratamiento con nematicidas sintéticos y el testigo (Fig. 2).

Liu *et al.* (1995), señalaron que todas las enmiendas orgánicas tienen un amplio espectro de actividad sobre la microflora nativa de la rizosfera y en el tejido radical. Sin embargo, DeBrito Alvarez *et al.* (1995) encontraron que los composts no estimulan la densidad total de microorganismos en la rizosfera pero si alteran el número de especies presentes, causando un impacto en grupos específicos de rizobacterias. Por otra parte Jansen *et al.* (1995) sugieren que los microorganismos presentes en el compost son influenciados por los ambientes abióticos, como los cambios físico-químicos y la actividad microbiana circundante, y que estos factores regulan la función microbiana en el ecosistema.

Cuadro 5. Areas bajo la curva de progreso de la población de *R. similis* y porcentaje de raíz muerta en los ocho tratamientos de la plantación de banano *Musa* (AAA) cv. Valery.

Tratamientos	<i>R. similis</i> /100 g de raíz		% Raíz muerta	
	ABCP	\bar{X} de áreas de ABCP mensuales*	ABCP	\bar{X} de áreas de ABCP mensuales
Compost + <i>Glomus</i>	177 832,00	16 166,55	369,00	35,55
Compost	148 385,00	13 482,27	382,43	34,77
Gallinaza + <i>Glomus</i>	153 430,00	13 948,18	381,86	34,71
Gallinaza	148 869,50	13 533,59	380,67	34,61
Bocashi + <i>Glomus</i>	163 082,50	14 825,68	380,60	34,60
Bocashi	143 375,00	13 034,09	391,34	35,58
Nematicidas	115 334,50	10 484,95	313,17	28,47
Testigo absoluto	151 917,00	13 810,64	407,56	37,05

ABCP= Area bajo la curva de progreso, es la sumatoria de los 11 trapecios (áreas) formados bajo la curva de progreso de la población de *R. similis* y % de raíz muerta entre el primer y último mes de evaluaciones.

*Promedio de los valores de las 11 áreas formadas bajo la curva.

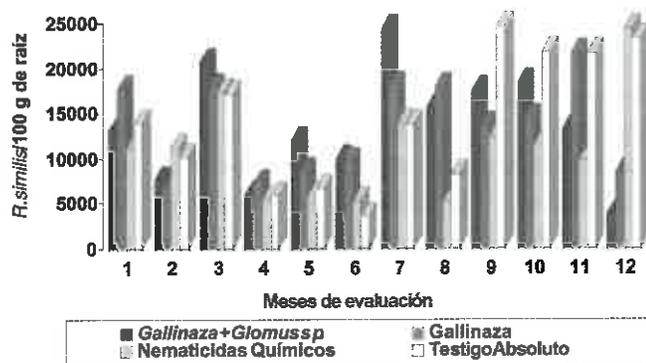


Figura 1. Efecto de gallinaza y *Glomus* sp. sobre la población de *R. similis* en plantación comercial de banano (*Musa* AAA) cv. Valery.

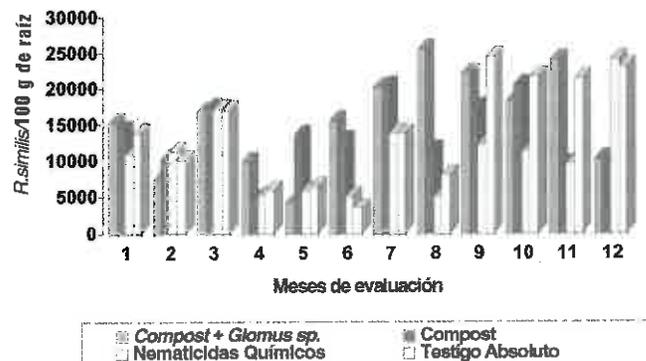


Figura 2. Efecto de compost y *Glomus* sp. sobre la población de *R. similis* en plantación comercial de banano (*Musa* AAA) cv. Valery.

Bocashi. Esta enmienda aplicada con *Glomus* sp. tuvo poca influencia sobre la población de *R. similis*, comparado con las otras dos enmiendas (Cuadro 5). Sin embargo, en el último mes del experimento, el tratamiento de bocashi + *Glomus* sp. tuvo una menor población promedio del nematodo que el testigo y el tratamiento de nematicidas sintéticos (Fig. 3).

La aplicación de bocashi en plantaciones de banano ha sido poco estudiada; sin embargo, Duvón (1998) determinó que su aplicación en dosis de 1 kg/planta al momento de siembra y cada cinco semanas, redujo la población de *R. similis* después de 26 semanas (688 nematodos/100 g de raíces) comparado con el tratamiento con Furadan 10G (6933 nematodos/100 g de raíces). No obstante, ese estudio se realizó en una plantación recién establecida y con poco historial de ataque de nematodos.

La diferencia con respecto a las otras dos enmiendas podría deberse a que la descomposición del bocashi no produjo las mismas sustancias nematicidas generadas por la gallinaza y el compost durante ese proceso. Pero para comprobar esto es necesario realizar estudios de los lixiviados producidos durante la descomposición de estas enmiendas y mediante bioensayos evaluar su efecto en poblaciones del nematodo. Las diferencias también podrían deberse a la cantidad y variedad de microorganismos presentes en los tres tipos de enmiendas y sus niveles de acción nematicida.

Los compuestos de bocashi son degradados por los microorganismos del suelo, pero los metabolitos y subproductos resultantes de la descomposición podrían no tener el mismo efecto sobre la población de

R. similis que los de las otras dos enmiendas. En este aspecto, You y Sivasithamparam (1995) sugieren que el tipo y grado de la actividad de control biológico es determinado por la composición, maduración y forma de aplicación de las enmiendas. El estado de maduración del compost y la gallinaza fue mayor que el del bocashi, dado que esta última enmienda aún contenía materia orgánica en proceso de descomposición. El mayor grado de maduración de la gallinaza y el compost podría haber influido en la biota rizosférica que realiza la descomposición y libera sustancias al suelo.

Efecto de *Glomus* sp. sobre la población de *R. similis*

El hongo no tuvo efecto significativo sobre la población de *R. similis* durante la mayor parte del estudio, y su uso combinado con la enmienda no mostró diferencias significativas.

En el mes 6, aunque se determinaron diferencias significativas en cuando a la población del nematodo con la aplicación de enmiendas, *Glomus* sp. no tuvo un efecto significativo ($P=0,0772$). La interacción enmiendas + *Glomus* sp. no mostró efecto significativo ($P=0,1959$). Esto posiblemente se debe a que la plantas evaluadas eran adultas y podrían haber estado micorrizadas por hongos nativos. Un situación similar se observó en el mes 9, cuando el hongo no tuvo efecto significativo ($P=0,2330$) y sus niveles tampoco mostraron diferencias significativas. La interacción enmiendas + *Glomus* no mostró efecto significativo ($P=0,7685$).

En el mes 12, el hongo no tuvo efecto significativo ($P=0,4723$) sobre la población del nematodo. Sin

embargo, la interacción enmienda + *Glomus* sp. ($P=0,0130$), si mostró diferencia por primera vez durante la evaluación. Esto posiblemente se deba a que en este punto del experimento, *Glomus* sp. empieza a interactuar con la población de *R. similis*, pero para determinar esto se requieren evaluaciones de más duración.

Los tratamientos que no fueron micorrizados, mantuvieron promedios mensuales de área bajo la curva menores a los tratamientos que si fueron micorrizados (Cuadro 5, Fig. 4), lo cual podría atribuirse a varios factores. Perrin y Plenchette (1993) afirman que la introducción y establecimiento de un hongo micorrízico-arbuscular foráneo no es fácil y depende, no solo de la receptividad del hospedante, sino también del suelo. Es posible que el pH del suelo donde crecieron las plantas evaluadas (Cuadro 1) influyera negativamente sobre el establecimiento y desarrollo del hongo inoculado. Sin embargo, en un estudio realizado por Arias *et al.* (1997) en una finca bananera con un suelo con pH de 5,3, aislaron la micorriza arbuscular *Glomus albidum*, aunque informaron que *Acaulospora mellea* solo se logró aislar en suelos con pH bajos.

Otra causa probable de la falta de efecto del hongo sobre la población del nematodo es el contenido de

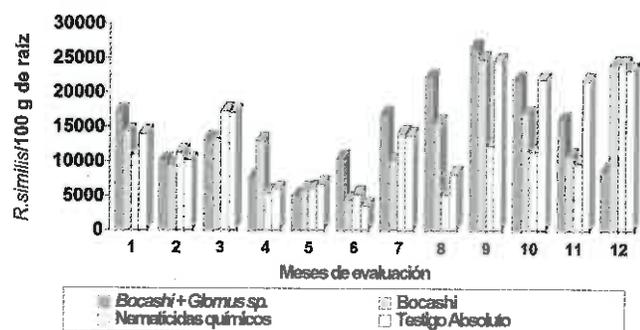


Figura 3. Efecto de bocashi y *Glomus* sp. sobre la población de *R. similis* en plantación comercial de banano (*Musa* AAA) cv. Valery.

fósforo de las enmiendas utilizadas (Cuadro 3). Jaizme-Vega *et al.* (1997) informaron que *Glomus mosseae* logró un porcentaje de colonización alto en interacción con *Meloidogyne incognita* en plantas de banano 'Gran Enano' que crecieron en sustratos con bajos contenidos de fósforo (16,2 ppm), mientras las plantas que crecieron en sustratos con altos contenidos de fósforo (42 ppm) mostraron menores porcentajes de colonización.

También es probable que *Glomus* sp. requiriera más tiempo para establecerse en las condiciones dadas en este experimento y alcanzar los niveles necesarios para tener una interacción positiva con la planta, reduciendo la población de *R. similis* en el sistema radical. O bien, las dosis de inóculo utilizadas no fueran las adecuadas, dado que no se encontraron recomendaciones sobre este aspecto para plantaciones de banano en condiciones de campo.

Según Linderman (1996), los efectos de los hongos endomicorrízicos sobre los nematodos pueden ser diversos, pero dependen del tipo de nematodo fitopatógeno, de las diferencias entre los hongos y sus niveles de colonización, así como el tiempo de formación de la endomicorriza.

No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al porcentaje de colonización tanto en el mes 9 ($P=0,8387$), como el mes 12 ($P=0,3118$), lo cual indica que existe una colonización natural por parte de hongos micorrízicos nativos en los tratamientos donde no se aplicó *Glomus* sp., e incluso algunos tratamientos no micorrizados como el de gallinaza, el de bocashi y el testigo absoluto superan a algunos de los tratamientos micorrizados (Cuadro 6). La presencia de micorrizas arbusculares nativas en plantaciones de banano ha sido informado en otros estudios como los de Arias *et al.* (1997), quienes determinaron que *G. albidum* y *A. mellea* son las especies predominantes asociadas al cultivo de banano en fincas de la zona atlántica de Costa Rica.

Cuadro 6. Promedios y desviación estándar del porcentaje de colonización de hongos micorrízicos nativos en tratamientos aplicados en una plantación comercial de banano *Musa* (AAA) cv. Valery.

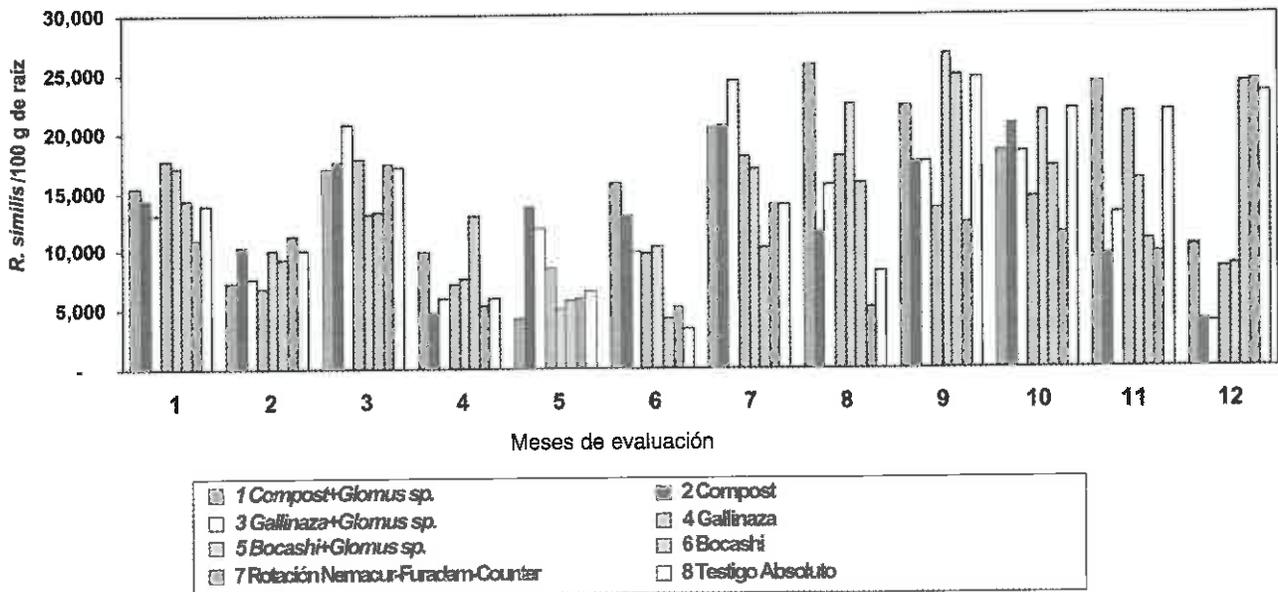
Mes	T	R ²	CV	Tratamientos*							
				1	2	3	4	5	6	7	8
9	0,84**	0,19	30,32	42,6 ± 2,3	42,6 ± 30,2	45,3 ± 20,5	56,0 ± 24,9	65,3 ± 19,3	60,0 ± 10,5	46,6 ± 2,1	33,3 ± 8,3
12	0,31	0,43	24,11	37,3 ± 18,1	37,5 ± 8,3	45,4 ± 4,61	50,7 ± 18,47	37,3 ± 34,1	29,3 ± 10,1	78,7 ± 9,2	52,0 ± 30,2

*Promedio de tres repeticiones, 4 plantas por repetición, ($P<0,05$) son significativas.

1=Compost + *Glomus* sp., 2=Compost, 3= Gallinaza + *Glomus* sp., 4= Gallinaza, 5=Bocashi + *Glomus* sp., 6=Bocashi, 7=Nematicidas 8=Testigo absoluto

T= Tratamientos, ** =Valor de probabilidad, ($P<0,05$) (diferencias significativas entre tratamientos).

CV= Coeficiente de variación



*En los meses 6, 9 y 12, los tratamientos tuvieron diferencias significativas. Andeva ($p < 0.05$).

Figura 4. Efecto de enmiendas orgánicas, *Glomus* sp. y nematicidas sobre la población de *R. similis* en plantación comercial de banano (*Musa* AAA) cv. Valery.

Otro factor que probablemente pudo influir con el efecto del hongo, es la presencia de microorganismos antagonistas presentes naturalmente en el suelo de la plantación, entre los cuales pueden haber otros hongos micorrícicos, los cuales pueden competir por espacio y fotosintatos en la raíz. No obstante, no se determinaron diferencias significativas entre tratamientos en cuanto al porcentaje de colonización radical, pero la prueba de contrastes mostró que el tratamiento con nematicidas químicos, tuvo mayor porcentaje de colonización natural ($P=0,0247$) con respecto a los tratamientos con solo las enmiendas, de igual forma presentó mayor porcentaje de colonización cuando se comparó con los tratamientos de cada enmienda + *Glomus* sp. Esto podría indicar que los nematicidas sintéticos podrían afectar a los antagonistas de los hongos micorrícicos nativos, mostrando así un mayor porcentaje de colonización de éstos (Cuadro 6). Este fenómeno ha sido observado por otros investigadores como Parvathi *et al.* (1985), quienes señalaron que Counter, Diazinon y Carbaryl no tuvieron efectos adversos en la colonización endomicorrízica de las raíces. Sin embargo, esto no ha sido evaluado en muchos agroecosistemas y por tanto no puede afirmarse (Kurlle y Pflieger 1996).

En cuanto a la influencia de *Glomus* sp., no se observaron diferencias al final del experimento entre los tratamientos micorrizados para el porcentaje de raíz

muerta (Fig. 5); no obstante, todos los tratamientos con el hongo mostraron promedios mensuales de área bajo la curva menores que el testigo absoluto pero ligeramente superiores al tratamiento con nematicidas (Cuadro 5).

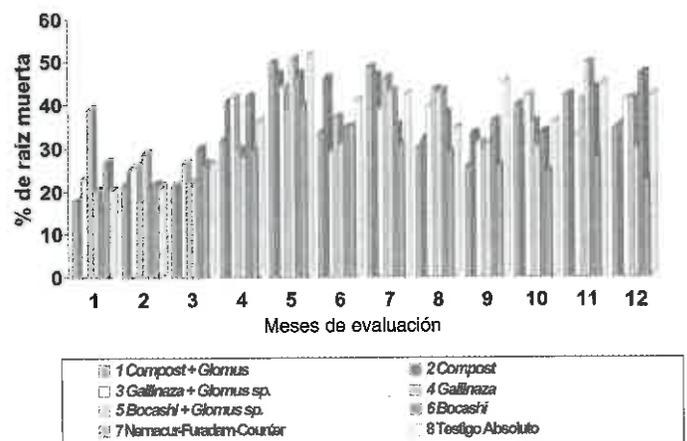


Figura 5. Efecto de enmiendas orgánicas, *Glomus* sp. y nematicidas sobre el porcentaje de raíz muerta en plantación comercial de banano (*Musa* AAA) cv. Valery.

Es importante destacar que el porcentaje de raíz muerta puede ser influenciado no solo por el ataque de *R. similis*, sino también por factores abióticos como la cantidad de agua en el suelo, factor al que estuvieron sometidos todos los tratamientos durante todo el experimento.

Al analizar la actividad del hongo aplicado, se determinó que éste tuvo muy poca o ninguna esporulación en el suelo, ya que las esporas obtenidas en las muestras de suelo no pertenecían al hongo inoculado. Aunque esto podría indicar falta de esporulación en el suelo, no es un indicador de que el hongo micorrízico este inactivo, sino que posiblemente no ha logrado llegar al nivel que le permita esporular más activamente. Esto podría determinarse en un estudio posterior multiplicando las esporas y mediante clasificaciones morfológicas determinar las especies predominantes.

El tiempo de evaluación tanto para las enmiendas orgánicas como para la actividad del hongo micorrízico, deberá ser mayor en futuros estudios para determinar si en el tiempo se producen efectos más notables en el control de *R. similis*, cantidad de raíz funcional, porcentaje de raíz muerta, así como en el incremento del crecimiento y la producción del cultivo.

Literatura citada

- Arias, F; Blanco, FA; Vargas, R; Ferrer, R. 1997. Identificación anatómica y morfológica de especies predominantes de hongos micorriza arbusculares (MA) en agroecosistemas bananeros del Caribe de Costa Rica. CORBANA (Costa Rica) 22(48): 61-75.
- Brundrett, M; Bougher, N; Dell, D; Grove, T; Malacjczuck, N. 1986. Working with mycorrhizas in forestry and agriculture. ACIAR monograph. 32:184-186.
- Chindo, PS; Khan, FA. 1990. Control of root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp. on tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill. with poultry manure. Tropical Pest Management 36 (4):332-335.
- Davide, RG. 1996. Overview of nematodes as a limiting factor in *Musa* production. In New Frontiers in Resistance Breeding for Nematode, *Fusarium* and Sigatoka (1995, Kuala Lumpur, Malaysia). Proceedings. Frison, EA; Horry, JP; De Waele, D. Eds. Kuala Lumpur, Malaysia, IPGRI-INIBAP. p 27-31.
- DeBrito Alvarez, MA; Gagne, S; Antoun, H. 1995. Effect of compost on rhizosphere microflora of the tomato and the incidence of plant growth-promoting *Rhizobacteria*. Appl. Environ. Microbiol. 61:194-199.
- Dorel, M; Besson, N. 1996. Utilization d' engrais organiques en culture bananière. CIRAD FLHOR Fort de France 27. p. 6.
- Duvón, H. 1998. Control biológico del nematodo del volcamiento *Radopholus similis* en el cultivo del banano *Musa* AAA. Tesis Ing. Agr. Limón, Costa Rica, EARTH. 76 p.
- Gooris, J; D'Herde, CJ. 1972. A method for the quantitative extraction of eggs and second stage juveniles of *Meloidogyne* from soil. Merelbeke, Belgium, Publication of the Stat Nematology and Entomology Research Station,
- Gowen, S; Quénéhervé, P. 1990. Nematode parasite of bananas, plantains and abaca. In Luc, M; Sikora, A; Bridge, J. Ed. Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. Wallingford, United Kindom, CAB International. p.431-460.
- Hussey, RS; Roncadori, RW. 1982. Vascular-arbuscular mycorrhizae may limit nematode activity and improve plant growth. Plant Disease 66:9-14.
- Jaizme-Vega, MC; Tenoury, P; Pinochet, J; Jaumot, M. 1997. Interactions between the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* and *Glomus mosseae* in banana. Plant and Soil 196 (1):27-35.
- Janzen, RA; Cook, FD; McGill, WB. 1995. Compost extract added to microcosms may simulate community-level controls on soil microorganisms involved in element cycling. Soil Biol. Biochem. 27: 181-188.
- Koske, RE; Gemma, JN. 1989. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. Mycol. Res. 92(4):486-505.
- Kurle, JE; Pflieger, FL. 1996. The effects of cultural practices and pesticides on VAM fungi. In Pflieger, FL; Linderman, GR. Ed. Mycorrhizae and plant health. St. Paul, Minnesota, APS Press. Symposium Series. p. 103-131.
- Linderman, RG. 1996. Role of VAM fungi in biocontrol. In Pflieger, FL; Linderman, GR. Eds. Mycorrhizae and plant health. St. Paul, Minnesota, APS Press. Symposium Series. p. 1-25.
- Liu, LX; Hsiang, T; Carey, K; Eggens, JL. 1995. Microbial populations and suppression of dollar spot disease in creeping bentgrass with inorganic and organic amendments. Plant Disease 79: 144-147.
- Parvathi, K; Venkateswarlu, K; Rao, AS. 1985. Toxicity of soil-applied fungicides to the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* in groundnut. Can. J. Bot. 63:1673-1675.
- Perrin, R; Plenchette, C. 1993. Effect of some fungicides applied as soil drenches on the mycorrhizal infectivity of two cultivated soils and their receptiveness to *Glomus intraradices*. Crop Protection 12: 127-133.
- Stanton, JM. 1994. Status of nematode and weevil borer affecting banana in Australia. In Banana nematode and weevil borers in Asia and the Pacific (1994, Serdang Selangor, Malaysia). Ed. Valmayor, R; Davide, RG; Stanton, JM; Treverrow, NL; Roa, VN. Los Baños, Philippines, INIBAP-ASPNET. p. 48-56.
- Vilich, V; Sikora, RA. 1998. Diversity in Soilborne Microbial Communities a tool for Biological System Management of Root Health. In Boland, GJ; Kuykendall, LD. Ed. Plant-Microbe Interactions and Biological Control. New York, Marcel Dekker. p. 1-14.
- You, MP; Sivasithamparan, K. 1995. Changes in microbial populations of advocado plantation mulch suppressive of *Phytophthora cinnamomi*, Appl. Soil Ecol. 2: 33-43.

Efecto de dos extractos botánicos y un insecticida convencional sobre el depredador *Chrysoperla externa*

José Iannacone¹
Gerardo Lamas²

RESUMEN. *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) es un promisorio controlador biológico de plagas agrícolas de importancia económica en Perú. La rotenona y la azadiractina (componente principal del nim), productos de origen botánico, y el plaguicida carbámico cartap, inicialmente de origen animal, fueron evaluados sobre huevos, larvas de primer instar (L₁) y pupas de *C. externa*, en bioensayos ecotoxicológicos realizados en el laboratorio. Los tres productos evaluados, a las dosis máximas utilizadas para el control de plagas, no causaron efectos significativos ($P>0,05$) en el porcentaje de eclosión de huevos y emergencia de pupas. Se observó que la rotenona, la azadiractina y el cartap, a concentraciones de 4000 mg i.a./L, de 8 mg i.a./L y de 625 mg i.a./L, respectivamente, causaron efectos en el porcentaje de eclosión de individuos vivos (que sobrevivieron más de 12 h). Además, la azadiractina provocó un retraso significativo en el porcentaje de emergencia de pupas. Para el caso de L₁ de *C. externa*, las concentraciones de 40 mg i.a./L de azadiractina y 100 mg i.a./L de rotenona, por efecto de contacto-residual provocaron mortalidades estadísticamente diferentes al testigo. El cartap, a concentraciones de 1,25 mg i.a./L, produjo un 80% de mortalidad en solo 1 h de exposición. Ninguna de las tres sustancias provocaron efectos en L₁ en ensayos de ingestión con huevos de *Sitotroga cerealella* impregnados de las sustancias. Por tanto, la L₁ de *C. externa* fue el estado de desarrollo inmaduro más sensible. Se discute la posibilidad de empleo de los insecticidas botánicos y *C. externa* en programas de manejo integrado de plagas.

Palabras clave: *Chrysoperla externa*, Nim, Rotenona, Insecticidas botánicos, Control biológico, Cartap.

ABSTRACT. Effect of two botanic extracts and a conventional insecticide on the predator *Chrysoperla externa*. *C. externa* (Neuroptera: Chrysopidae) is a promising biological control agent of economically important agricultural pests in Peru. Rotenone and azadirachtin (the main component of neem), products of botanical origin, and the carbamic pesticide cartap, initially of animal origin, were evaluated on eggs, first instar larvae (L₁) and pupae of *C. externa* in ecotoxicological bioassays performed in the laboratory. The three products evaluated, at the highest doses utilized for pest control, did not cause significant effects ($P>0.05$) on the percentage hatch of eggs and the emergence of pupae. It was observed that rotenone, azadirachtin and cartap, at concentrations of 4000 mg a.i./L, 8 mg a.i./L and 625 mg a.i./L, respectively, caused effects on the percentage of hatched living individuals (surviving more than 12 h). Moreover, azadirachtin significantly delayed the emergence of pupae. In the case of L₁ of *C. externa*, the concentrations of 40 mg a.i./L of azadirachtin and 100 mg a.i./L of rotenone by contact-residual effect, produced mortalities significantly different to the control. Cartap, at a concentration of 1.25 mg a.i./L produced 80% mortality, in only 1 h of exposure. None of three chemicals produced effects on L₁ in ingestion bioassays with eggs of *Sitotroga cerealella* impregnated with the substances. Therefore, the L₁ of *C. externa* was the most sensitive immature developmental stage. The possibility of employing the botanical insecticides and *C. externa* in an integrated pest management programmes is discussed.

Key words: *Chrysoperla externa*, Neem, Rotenone, Botanic insecticides, Biological control, Cartap.

¹ Escuela de Post Grado. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. joselorena@terra.com

² Museo de Historia Natural, Universidad Mayor de San Marcos, Lima 14, Perú. glamasm@unmsm.edu.pe

Introducción

La papa (*Solanum tuberosum*) no solo es originaria de Perú, sino que constituye uno de los principales cultivos alimenticios en ese país. Entre los insectos que causan daños serios a este cultivo está la polilla (*Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) (Coll *et al.* 2000, Edmowande *et al.* 2000).

Uno de los controladores biológicos de *P. operculella* en Perú es *Chrysoperla externa* Hagen (Neuroptera: Chrysopidae), el cual ataca huevos y larvas de la plaga. Este neuróptero, llamado comúnmente alas de encaje, mosca de ojos dorados o león de áfidos, es un controlador biológico promisorio en el manejo ecológico e integrado de plagas. Las larvas y adultos de *C. externa* son depredadores muy voraces, oófagos y larvífagos, que se alimentan de cuerpos blandos de insectos y arácnidos (Fonseca *et al.* 2000), lo mismo que de huevos y larvas de lepidópteros como *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), *Spodoptera eridania* (Cramer), *Tuta absoluta* Meyrick, *Heliothis zea* Boddie, *Heliothis virescens* Fabricius, *Cydia pomonella* L. y *Phyllocnistis citrella* Stainton, y predomina en plantaciones de tomate, maíz, papa, algodón, olivo, palma aceitera, cítricos y manzana (Beingolea 1994, Núñez 1988a y 1998, Iannacone y Murrugarra 2000, Ribeiro *et al.* 2000, Iannacone y Reyes 2001).

C. externa además posee ventajas como agente de control biológico, tales como: una amplia distribución en la costa y la sierra de Perú, con presencia de adultos durante todo el año, fácil de criar en cautiverio, potencial para adaptarse a varios ambientes de cultivos y aparente resistencia a numerosos plaguicidas (Núñez 1988a, Cardoso y Lazzari 2000, Fernández *et al.* 2000).

A pesar del potencial y ventajas del control biológico, su integración con los métodos de control químico, ampliamente utilizados por los agricultores (Pascual 1996, Tenorio 1996, Hill y Foster 2000) limitan el desarrollo de programas de manejo integrado de plagas (Mejía *et al.* 2000, Vargas y Ubillo 2001). Una de las causas principales es que no se conocen bien los efectos directos e indirectos de los plaguicidas en la fauna benéfica (Murrugarra *et al.* 1998, Badawy y El Arnaouty 2000, Iannacone 2001).

Ante esta situación, los insecticidas de origen botánico representan una alternativa al uso de plaguicidas sintéticos. Los productos naturales extraídos de ciertas plantas, como *Lonchocarpus nicou* (Aublet)

DC. (rotenona) y *Azadirachta indica* Adr. Juss (nim) tienen la ventaja de ser biodegradables y en general, se considera que no producen desequilibrio en el ecosistema (Gruber 1992, Iannacone y Murrugarra 2000, Iannacone y Reyes 2000, Isman 2000). Al parecer, estos insecticidas biológicos provocan un impacto mínimo en la fauna benéfica; son eficaces contra plagas agrícolas y no tienen restricciones toxicológicas (Gonscalves *et al.* 2000, Zeng *et al.* 2000, Iannacone y Alvaríño 2001a). Sin embargo, algunos autores han encontrado resultados de impacto negativo de estos productos en la fauna benéfica acuática y terrestre (Smilanick *et al.* 1996, Millan *et al.* 2000).

Un insecticida de origen natural utilizado por los agricultores es el 1,3 di-(carbamoilo)-2-dimetilaminopropano, conocido como hidrocloreto de cartap, el cual es una sustancia derivada de la nereistoxina, extraída de los poliquetos marinos *Lumbrineris heteropoda* Hartman y *Lumbrineris brevicirra* Hartman. El cartap es un plaguicida carbámico, usado a nivel mundial para el control de plagas agrícolas (Bezerril *et al.* 1992, Rae *et al.* 1996, Reis y Souza 1998). En países asiáticos se ha utilizado como molusquicida sobre el gasterópodo dulceacuícola *Oncomelania hupensis* Chui para el control del hospedante intermediario de *Schistosoma japonicum* Calpain (Xia *et al.* 1992).

El conocimiento del efecto de plaguicidas, tanto sintéticos como biológicos, sobre la fauna benéfica, y en especial sobre sus diferentes estados de desarrollo, será un primer paso para desestimular el uso de aquellos productos que tienen consecuencias negativas.

A nivel mundial, se han realizado bioensayos ecotoxicológicos principalmente para especies de controladores biológicos de importancia agrícola de la zona Neártica y Paleártica (Calow 1993). En el Perú, país neotropical, no se tienen protocolos validados y estándares de bioensayos para la evaluación con diferentes especies de controladores biológicos, como organismos no destinatarios, para determinar el efecto de los plaguicidas en ellos. Iannacone *et al.* (2000) sugiere emplear procedimientos estandarizados de bioensayos ecotoxicológicos, adaptados a especies de importancia de cada país o región, que sean equivalentes ecológicos de cada latitud.

Recientemente, Fernández *et al.* (2000) y Ferreira *et al.* (2000) utilizaron larvas de primer instar de *C. externa* para determinar el efecto ecotoxicológico de cuatro insecticidas y dos acaricidas sintéticos, en

bioensayos de corta duración. En Brasil, esta especie es ampliamente utilizada para el control biológico de numerosas plagas, principalmente lepidópteros y homópteros. Sin embargo, a la fecha no se tiene resultados sobre el impacto de los extractos botánicos rotenona y nim, y del cartap, sobre las poblaciones de este insecto, en las diversas etapas de su ciclo biológico.

Además, *C. externa* es criada intensivamente por el Programa Nacional de Control Biológico del Servicio Nacional de Sanidad Agraria (PNCB-SENASA) de Perú, con fines de conservación y reproducción para su uso en programas de liberación, principalmente en tres etapas de su ciclo biológico: huevo, larva y pupa (Nuñez 1988b).

El objetivo de esta investigación fue evaluar la actividad ecotoxicológica de nim, rotenona y cartap en la demografía de *C. externa*, a nivel de huevos, larvas y pupas.

Materiales y métodos

Los bioensayos ecotoxicológicos fueron realizados en los laboratorios del Programa Nacional de Control Biológico del Servicio Nacional de Sanidad Agraria (PNCB-SENASA), Vitarte, Lima, Perú.

C. externa

Los huevos desfilamentados (de 48 h), se obtuvieron de cultivos estandarizados del PNCB-SENASA, a partir de los cuales se realizó la cría masiva en condiciones de laboratorio, con el fin de obtener larvas y pupas para los bioensayos de susceptibilidad (Nuñez 1988a). La especie se identificó a nivel del instar larval y de adulto usando las claves de Nuñez (1988b).

Las larvas de primer instar, recién emergidas (< 24 h), se aclimataron masivamente en el laboratorio, donde se colocaron en envases cuadrangulares de plástico de 12 x 30 x 20 cm, los cuales se acondicionaron colocando cartulinas plegadas una sobre otra. Estas larvas se alimentaron con huevos de la polilla de los granos *Sitotroga cerealella* (Olivier), obtenidos del PNCB-SENASA. Los huevos de *S. cerealella* se pegaron a las cartulinas y cada tres a cuatro días se renovaron. Luego se obtuvieron las pupas, las cuales se trasladaron a envases cilíndricos de plástico de 30 cm de altura x 20 cm de diámetro, para obtener los adultos y así continuar el ciclo biológico hasta la obtención de los huevos filamentosos.

Los adultos se alimentaron con un compuesto elaborado con: 24,39% de miel de abeja (procedente de la Universidad Nacional Agraria La Molina-

UNALM), 48,78% de levadura de cerveza (Brewer's Yeast®, Lote No 276476-02, rica en vitamina B, principalmente tiamina 27%, riboflavina 7% y niacina 6%), 24,39% de agua destilada y 2,44% de polen (procedente de la UNALM). La crianza se llevó a cabo bajo condiciones no controladas de temperatura y humedad relativa; sin embargo, la temperatura fluctuó entre 21 °C y 27°C (promedio 24°C) y la humedad relativa entre 65% y 90%. La crianza se realizó bajo un fotoperiodo 13:11 (L:O).

En los bioensayos se utilizaron huevos desfilamentados (< de 48 h). Para la obtención de estados larvales y pupales, los huevos fueron incubados individualmente en pequeños viales de vidrio de 2 ml de capacidad. Las larvas fueron criadas individualmente en envases de vidrio de 5,5 ml de capacidad y alimentadas *ad libitum* con huevos de *S. cerealella*, pegados a cartulinas de 5 x 5 mm. Las larvas fueron criadas hasta el primer instar de desarrollo y se emplearon cohortes de especímenes entre 24 a 48 h. Se escogió este instar porque en bioensayos ecotoxicológicos con otros chrysópidos se había determinado como el estado más vulnerable (Badawy y El Arnaouty 2000). Sólo para el cartap se realizaron ensayos con la larva de tercer instar. Para los bioensayos pupales se usaron cocones de 48 h de edad, debido a que toma hasta 48 h el desarrollo de prepupa a pupa (Nuñez 1988b, Liu y Chen 2000). Para todos los estados de desarrollo, las pruebas de sensibilidad se realizaron bajo condiciones de oscuridad, para evitar el efecto de fotólisis de los extractos botánicos empleados (Calow 1993).

En los bioensayos ecotoxicológicos con los estados inmaduros de *C. externa* se utilizaron tres tipos de envases de vidrio: pequeño (2,7 cm de altura x 1 cm de diámetro), mediano (3,7 cm de altura x 1,4 cm de diámetro), y grande (5 cm de altura x 2 cm de diámetro). Todos se usaron con tapones de algodón.

Las variables evaluadas en los bioensayos con huevos fue la eclosión, mientras que en las pruebas con larvas fue la mortalidad, considerada como la inmovilización de los especímenes y la desadherencia a la superficie interna del vial de vidrio al ser pinchados con un alfiler entomológico, durante 15 seg de observación al microscopio estereoscopio de 10X. En el caso de las pupas la variable de respuesta fue la emergencia.

Productos evaluados

Nim. Se utilizó el producto Neem-X®; Agrícola SAUME - Perú, 0,4 % i.a. El nim, cuyo principal in-

grediente activo es la azadiractina, presentó las siguientes propiedades fisicoquímicas: solubilidad en agua = 0,00005 mg/L a 25°C; solubilidad en otros solventes = no disponible; punto de ebullición = no disponible; punto de fusión = no disponible; presión de vapor > 2 mmHg a 25 °C; coeficiente de partición = 12,3; tiempo de vida media < 100 h en agua. La sustancia química se disolvió al 1% en agua destilada (pH = 7,2; conductividad específica = 70 µmhos/cm).

Para evaluar el producto en huevos de *C. externa*, se usaron las siguientes concentraciones de i.a.: 1 mg/L, 2 mg/L, 4 mg/L, 8 mg/L y 20 mg/L y un factor de dilución con una tendencia de 0,5. Para el bioensayo con larvas de primer instar se emplearon tres concentraciones de i.a.: 8 mg/L, 16 mg/L, 40 mg/L y un factor de dilución principalmente de 0,5. Para pupas se evaluaron dos concentraciones definitivas de i.a.: 16 mg/L y 32 mg/L y un factor de dilución de 0,5. La concentración de aplicación para el control de plagas en agricultura fluctúa entre 16 y 28 mg i.a./L.

Rotenona. Se utilizó el producto Agrosan® 8% P; Consorcio Exportador - Perú, 8 % i.a., que presentó las siguientes propiedades fisicoquímicas: solubilidad en agua = 0,2 mg/L a 28°C; punto de ebullición = 210 a 220 °C; punto de fusión = 165 a 166 °C; tiempo de vida media = 3 días en suelos arenosos. La sustancia química se disolvió al 1% en agua destilada (pH = 7,2; conductividad específica = 70 µmhos/cm).

Para el bioensayo con huevos, se emplearon las siguientes concentraciones de i.a.: 100 mg/L, 200 mg/L, 400 mg/L, 800 mg/L y 4000 mg/L y un factor de dilución de 0,5. Con las larvas de primer estadio se emplearon las siguientes concentraciones: 100 mg/L, 200 mg/L y 400 mg/L y un factor de dilución de 0,5. En pupas se emplearon las siguientes concentraciones definitivas: 800 mg/L, 1600 mg/L y 3200 mg/L y un factor de dilución de 0,5. La concentración de aplicación para el control de plagas en agricultura fluctúa entre 640 y 960 mg i.a./L.

Cartap. El producto usado fue Bala® 50 PS; Agrícola Saume - Perú, 50 % i.a. Este presentó las siguientes propiedades fisicoquímicas: solubilidad en agua = 178 g/L a 20 °C y 200 g/L a 25°C; punto de ebullición = 179 - 181°C; tiempo de vida media en el agua = 10 min a pH 7 y 25°C. Para los bioensayos el producto se disolvió al 1% en agua destilada (pH = 7,2; conductividad específica = 70 µmhos/cm).

Para el bioensayo con los huevos se emplearon las siguientes concentraciones de i.a.: 625 mg/L, 1250

mg/L, 2500 mg/L, 5000 mg/L y 10000 mg/L y un factor de dilución de 0,5. Para el ensayo con larvas de primer instar se emplearon las siguientes concentraciones de i.a.: 1,25 mg/L, 6,25 mg/L, 62,5 mg/L, 125 mg/L, 1250 mg/L, 2500 mg/L, 5000 mg/L y 10 000 mg/L y un factor de dilución alternado de 0,1 y 0,5, con el fin de incluir un mayor número de concentraciones. Para las larvas de tercer instar se emplearon las siguientes concentraciones de i.a.: 0,24 mg/L, 0,49 mg/L, 2,49 mg/L, 6,24 mg/L, 31,24 mg/L, 156,24/L, 718,2 mg/L y 3 906 mg/L y un factor de dilución alternado principalmente de 0,5. Finalmente, en el bioensayo con pupas, se emplearon solo tres concentraciones: 18,75 mg/L, 37,50 mg/L y 75 mg/L y un factor de dilución de 0,5. La dosis de aplicación para el control de plagas en agricultura es 1000 mg i.a./L en promedio.

Bioensayos

En la mayoría de los ensayos se usó un factor de dilución de 0,5 para el cálculo de las concentraciones nominales decrecientes. Los valores pH de las soluciones preparadas se midieron al inicio de la prueba, estandarizándose a $6 \pm 0,5$ (Iannacone y Gutiérrez 1999, Iannacone y Alvariano 2001). La cría se llevó a cabo bajo condiciones no controladas de temperatura y humedad relativa; sin embargo, la temperatura registrada fluctuó entre 21 °C y 27 °C (promedio 24°C) y la humedad relativa entre 65% y 90% y un fotoperiodo 13:11 (L:O). Los bioensayos no se realizaron bajo condiciones controladas de temperatura, no obstante, ésta varió entre 24 ± 3 °C.

Ecotoxicidad por aplicaciones tópicas. Los huevos y pupas de *C. externa* se sumergieron durante 10 seg en las diluciones de las sustancias a evaluar y en agua destilada en el caso del testigo, siguiendo las recomendaciones de Senior *et al.* (1998). Después de la inmersión, se colocaron sobre papel Tissue® por 10 min para que éste absorbiera el exceso de líquido y permitir el secado ambiental. Se aplicaron varias concentraciones crecientes de los dos productos botánicos y del cartap en el agua destilada en mg i.a./L. Se utilizaron 20 huevos y 20 pupas por cada concentración de cada sustancia evaluada (5 especímenes / repetición), para un total de cuatro repeticiones. Los huevos fueron colocados individualmente en viales pequeños de vidrio. Para evaluar si el producto aplicado sobre el huevo afectaba la supervivencia de las larvas, a las 12 h de emergidas se registró su mortalidad. Las pupas fueron

colocadas en viales grandes con tapones de algodón (5 pupas/vial). Después de las aplicaciones tópicas, los viales se mantuvieron tapados y en la oscuridad, bajo condiciones de cría, realizándose las lecturas a las 120 h en el caso de los huevos y en las pupas, cuando el 80% de éstas habían eclosionado. Solo para la azadirachtina, debido a su mecanismo particular de acción de inhibición hormonal, se evaluó el retardo en la emergencia de las pupas en tres periodos de lectura (15, 18 y 30 días) (Schmutterer 1997, Mareggiani 2001).

Ecotoxicidad por contacto residual. Estas pruebas se realizaron para larvas de primer instar, alimentadas previamente con huevos de *S. cerealella*. Las sustancias a evaluar (los extractos botánicos disueltos en agua destilada, el cartap y el agua destilada para el testigo) se aplicaron en viales de vidrio (12,5 µL para viales pequeños y medianos; y 25 - 50 µL para viales grandes). En cada vial se esparció homogéneamente en sus paredes y base (utilizando un hisopo de base de madera) la cantidad determinada de la sustancia colocada en su interior y posteriormente se permitió el secado de los viales a temperatura ambiente durante 2 h o alternativamente en una estufa a 35°C durante 1 h, con sus respectivos tapones de algodón. Posteriormente, en el interior de cada uno de los viales ya secos, se depositó una larva de primer instar. Se utilizaron 5 larvas / repetición y se realizaron cuatro repeticiones. Posteriormente, los viales se mantuvieron en condiciones de cría y oscuridad y se observó la mortalidad acumulada a 1, 24, 48 y 72 h de exposición (Hassan 1992). Las lecturas continuaron hasta que la mortalidad del testigo no fuera mayor a 20%. Adicionalmente, se realizó un ensayo con cartap en larvas de tercer instar (L₃) de *C. externa*. Las larvas fueron consideradas vivas si realizaban algún tipo de movimiento coordinado y adherencia con las patas a la superficie interna del vial de vidrio durante 15 s de observación al microscopio estereoscópico a 10x de aumento, con la ayuda de un alfiler entomológico.

Ecotoxicidad por incorporación en dieta. Estos ensayos se realizaron con larvas de primer instar y con menos 48 h, alimentadas con huevos de *S. cerealella* impregnados con la sustancia a evaluar (extractos botánicos disueltos en agua destilada, o cartap o agua destilada para el testigo) durante 10 seg de inmersión y colocados en papel Tissue® por 10 min para absorber

el exceso de líquido y permitir su secado ambiental (Fernández *et al.* 2000). Se utilizaron huevos de *S. cerealella* pegados a cartulinas de 10 x 10 mm como alimento para las larvas L₁ de *C. externa*. Estos bioensayos de ingestión fueron realizados en viales grandes y se evaluaron a las 24, 48 y 72 h de exposición. Para registrar la mortalidad se utilizó el mismo procedimiento indicado para los bioensayos de ecotoxicidad por contacto.

Diseño experimental y análisis estadístico

Todos los bioensayos de ecotoxicidad se evaluaron con las concentraciones nominales respectivas en un diseño de bloques completamente al azar. La eficacia de los tratamientos se evaluó mediante un análisis de varianza (Andeva) de dos vías con el modelo aditivo lineal, previa transformación de los datos a arcoseno (% de mortalidad/100)^{0.5} antes del análisis, para estabilizar el error de la varianza (Zar 1996). En caso de existir diferencias significativas entre las repeticiones y los tratamientos se realizó una prueba de diferencias verdaderamente significativas de Tukey (Norman y Streiner 1996). Los resultados del análisis están en conformidad con el procedimiento de la American Society for Testing and Materials en Pruebas de Ecotoxicidad (ASTM 1989). Los datos no transformados son presentados en las figuras y tablas.

Resultados

Los porcentajes de eclosión de huevos de *C. externa* con las concentraciones utilizadas de 1- 20 mg i.a./L de azadiractina y 100 - 4000 mg i.a./L de rotenona, no mostraron efectos estadísticamente significativos en comparación con el testigo absoluto (agua destilada) (Cuadros 1 y 2). Las concentraciones de 4000 mg i.a./L de rotenona y de 8 mg i.a./L de azadiractina afectaron el porcentaje de eclosión de los individuos vivos (que sobrevivieron más de 12 h) en 20 y 30%, respectivamente. El cartap, en concentración de 5 000 mg i.a./L tuvo efecto en la eclosión de los huevos (Cuadro 2), mientras que la concentración de 625 mg i.a./L provocó solo 10% de eclosión de larvas vivas (Cuadro 2).

No existieron efectos en las pupas de *C. externa* a concentraciones de 32 mg i.a./L de azadiractina, 3200 mg i.a./L de rotenona y 75 mg i.a./L de cartap (Cuadro 3). Sin embargo, la azadiractina produjo una demora significativa en la emergencia al comparar entre 15 y 18 días de exposición (Cuadro 4).

En las larvas de primer instar, las concentraciones

de 40 mg i.a./L de azadiractina y 100 mg i.a./L de rotenona provocaron mortalidades por efecto del contacto-residual estadísticamente diferentes al testigo absoluto (Cuadro 5). El cartap a concentración de 1,25 mg i.a./L, produjo un 80% de mortalidad solo a 1 h de exposición (Cuadro 6), y para larvas de tercer instar la concentración de 0,24 mg i.a./L produjo mortalidades diferentes al testigo a partir de 1 h de exposición (Cuadro 7).

Cuadro 1. Efecto de la azadiractina y rotenona en los porcentajes de eclosión de huevos de *C. externa*.

Azadiractina (mg i.a./L)	Eclosión (%)	Rotenona (mg i.a./L)	Eclosión (%)
1	90 a	100	63,36 a
2	80 a	200	80,00 a
4	100 a	400	80,00 a
Testigo	90 a	Testigo	90,00 a

Promedios en una misma columna, seguidos por la misma letra, no difieren significativamente a P= 0,05. (Prueba de Tukey).

Cuadro 2. Efecto de la azadiractina, rotenona y cartap en la eclosión de los huevos de *C. externa* a diferentes tiempos (h) de exposición.

Concentración (mg i.a./L)	Eclosión (%)	Eclosión vivos (%)
Cartap 625	70 a	10 bc
1 250	90 a	30 b
2 500	100 a	20 b
5 000	50 b	20 b
10 000	10 b	0 c
Azadiractina		
8	70 a	30 b
20	90 a	30 b
Rotenona		
800	100 a	90 a
4 000	80 a	20 b
Testigo	90 a	80 a

Promedios en una misma columna, seguidos por la misma letra, no difieren significativamente a P= 0,05. (Prueba de Tukey).

Al evaluar el efecto por ingestión, la azadiractina a 40 mg i.a./L y la rotenona a 800 mg i.a./L no provocaron efecto en larvas de primer instar de *C. externa*; cartap a concentraciones mayores a 50 mg i.a./L produjo mortalidad de 80% (en 24 h) a 100% (en 72 h) (Cuadro 8).

Cuadro 3. Efecto de la azadiractina, rotenona, y cartap en la emergencia de pupas de *C. externa*.

Concentración (mg i.a./L)	Emergencia (%)
Testigo	100 a
Cartap	
18,75	90 a
37,5	70 a
75	91 a
Azadiractina	
16	90 a
32	95 a
Rotenona	
800	70 a
1 600	80 a
3 200	100 a

Promedios en una misma columna, seguidos por la misma letra, no difieren significativamente a P= 0,05. (Prueba de Tukey).

Cuadro 4. Efecto de la azadiractina en la emergencia de pupas de *C. externa*.

Concentración (mg i.a./L)	Emergencia (%)		
	15d	18d	30d
Azadiractina			
16	70 a	85 a	90 a
32	50 b	80 a	95 a
Testigo	80 a	95 a	95 a

Promedios en una misma columna, seguidos por la misma letra, no difieren significativamente a P= 0,05 (Prueba de Tukey).

Cuadro 5. Efecto de la azadiractina y rotenona en la mortalidad de larvas de primer instar de *C. externa* a 48 h de exposición.

Concentración (mg i.a./L)	µg i.a./cm	Mortalidad (%)
Testigo	-	0 a
Azadiractina		
8	0,011	0 a
16	0,023	0 a
40	0,057	50 c
Rotenona		
100	0,144	20 b
200	0,289	20 b
400	0,578	10 ab

Promedios en una misma columna, seguidos por la misma letra, no difieren significativamente a P= 0,05. (Prueba de Tukey).

Cuadro 6. Efecto del cartap en la mortalidad de larvas de primer instar de *C. externa*.

Cartap (mg i.a./L)	$\mu\text{g i.a./cm}^2$	Mortalidad (%)	
		1 h	24 h
1,25	0,265	80 b	90 b
6,25	1,32	100 b	100 b
62,5	13,2	100 b	100 b
125	26,4	100 b	100 b
1 250	264	100 b	100 b
2 500	528	100 b	100 b
5 000	1056	100 b	100 b
10 000	2112	100 b	100 b
Testigo	-	20 a	20 a

Promedios en una misma columna, seguidos por la misma letra, no difieren significativamente a $P=0,05$. (Prueba de Tukey).

Cuadro 7. Efecto del cartap en la mortalidad de larvas de tercer instar de *C. externa*.

Cartap (mg i.a./L)	$\mu\text{g i.a./cm}^2$	Mortalidad (%)	
		1 h	24 h
0,24	0,051	20 b	30 b
0,49	0,102	30 b	30 b
2,49	0,510	60 c	60 c
6,24	1,020	100 d	100 d
31,24	5,100	100 d	100 d
156,24	25,500	100 d	100 d
718,2	127,500	100 d	100 d
3 906	637,500	100 d	100 d
Testigo	-	0 a	20 a

Promedios en una misma columna, seguidos por la misma letra, no difieren significativamente a $P=0,05$ (Prueba de Tukey).

Cuadro 8. Mortalidad de larvas de primer instar de *C. externa* alimentadas con huevos de *S. cerealella* impregnados con azadiractina, rotenona y cartap, a tres diferentes tiempos (h) de exposición.

Concentración (mg i.a./L)	Mortalidad (%)		
	24 h	48 h	72 h
Testigo	0 a	0 a	0 a
Azadiractina			
4	0 a	0 a	0 a
40	0 a	0 a	0 a
Rotenona			
400	0 a	0 a	0 a
800	0 a	0 a	0 a
Cartap			
50	80 b	90 b	100 b
500	100 c	100 b	100 b

Promedios en una misma columna, seguidos por la misma letra, no difieren significativamente a $P=0,05$. (Prueba de Tukey).

Discusión

Los resultados muestran que el efecto de la rotenona, azadiractina y el cartap en huevos, larvas de primer instar y pupas de *C. externa* difirió con las concentraciones evaluadas. Los dos productos botánicos no afectaron el porcentaje de eclosión de huevos, mientras que las dos dosis más altas de cartap si lo hicieron (Cuadro 2). Pero cuando el criterio de efecto fue el porcentaje de eclosión de huevos con nacimiento de larvas que sobrevivan más de 12 h, algunas dosis de los tres productos produjeron una reducción significativa en la eclosión (Cuadro 2). Ninguno de los tres productos afectó las pupas (Cuadro 2).

Baoying *et al.* (2001) indican que en *Mallada signatus* (Schneider) la azadiractina demoró la pupación, indicando un efecto en la metamorfosis. Este impacto no necesariamente indica que la azadiractina es incompatible con el uso de *C. externa* como agente de control biológico. Este efecto puede ser evitado regulando el tiempo de aplicación de la azadiractina en un programa de manejo de plagas. Mejía *et al.* (2000) sugieren que la selectividad ecológica puede lograrse separando los componentes químicos y biológicos en el tiempo. Se ha sugerido que si se encuentra un insecticida que no es tóxico a un determinado enemigo natural en el laboratorio, es probable que sea atóxico al mismo insecto en el campo, y por lo tanto no serán necesarias pruebas adicionales de semicampo o de campo (Liu y Chen 2000).

En una evaluación con larvas de primer instar de *Chrysoperla rufilabris* (Burmeister), Liu y Chen (2000) encontraron que el buprofezin tenía efecto ne-

gativo en el proceso de muda al segundo instar. Shour y Crowder (1980) señalan que la larva de primer instar de *Chrysoperla carnea* Stephens es tolerante a la permetrina y susceptible al fenvalerato. En la presente evaluación también se determinó que el primer instar larval de *C. externa* es más vulnerable y susceptible a los productos.

El efecto letal de los insecticidas sobre la fauna benéfica ha sido bien documentado en la literatura (Schmutterer 1997, Tillman y Scott 1997, Finizio *et al.* 2001). Vargas y Ubillo (2001) muestran que los resultados obtenidos en bioensayos ecotoxicológicos en condiciones de laboratorio sobre enemigos naturales no objetivos del control químico, sirven como referencia para orientar la selección de plaguicidas a utilizar en los programas de control de plagas en cultivos agrícolas, especialmente cuando se implementan programas de manejo integrado de plagas.

No se encontró en la literatura información sobre evaluaciones del efecto de la rotenona, azadiractina y cartap sobre *C. externa*. El efecto de la rotenona ha sido evaluado sobre el parasitoide *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae), encontrando un efecto altamente tóxico sobre este enemigo natural de la mosca blanca *Trialeurodes vaporarum* (Westwood) (Kawai 1988) (Homoptera: Aleyrodidae). Obrycki *et al.* (1986) determinaron el efecto de la rotenona sobre *Edovum putleri* Grisell (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoide de huevos de *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae). También se ha evaluado la ecotoxicidad de este producto en el ácaro *Amblyseius fallacis* (Gartman) depredador de la araña roja *Tetranychus urticae* Koch (Strickler y Croft 1985).

Schultz *et al.* (1993) ha indicado que el nim es un insecticida altamente benigno (atóxico) para depredadores y parasitoides de plagas en el cultivo de algodón y tomate. Sin embargo, a concentraciones más altas que las recomendadas se han observado ligeros efectos en el crecimiento de larvas de coccinélidos y chrysópidos.

Isman (1997) informó que los insecticidas botánicos tienen alta potencialidad de uso, principalmente en los países del Tercer Mundo. Sin embargo, existen barreras para su comercialización, tales como la escasez del recurso natural, control de calidad y estandarización, y finalmente el registro del plaguicida biológico.

El efecto del contacto residual de la rotenona en las larvas de primer instar de *C. externa* determinado

en este estudio, coincide con lo señalado por varios autores, quienes encontraron efecto de contacto de este producto en varias especies de insectos (Obrycki *et al.* 1986, Kawai 1988, Cubillo *et al.* 1999).

Aunque se ha indicado que las larvas de tercer instar de los chrysópidos (*C. carnea* y *C. rufilabris*) son más tolerantes al efecto de tóxicos, en comparación las de primer instar (Shour y Crowder 1980, Mizell y Schiffhauer 1990, Hurej y Dutcher, 1994, Lui y Chen 2000), en este estudio no se encontraron diferencias significativas bajo el efecto del cartap en *C. externa*.

En general, la rotenona, la azadiractina, y el cartap, a las dosis recomendadas para el control de plagas, pueden ser utilizadas en programas MIP que incluyen el uso de *C. externa*, pero es importante seguir algunas recomendaciones. Estos productos no deben utilizarse en concentraciones más altas que las recomendadas para evitar efectos negativos en este depredador. Además, dado que las liberaciones se hacen principalmente en la fase de huevos y larvas, la liberación no debe realizarse en la misma época en que se aplican estos extractos botánicos y el cartap, para evitar que disminuyan la supervivencia de las larvas recién eclosionadas o en los primeros instar y por ende se afecte el control biológico de la plaga.

Agradecimientos

El presente trabajo fue realizado gracias al apoyo de todo el personal calificado del Programa Nacional de Control Biológico (PNCB), Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA), Lima, Perú.

Literatura citada

- ASTM. 1989. Standard guide for conducting acute toxicity tests with fishes, macroinvertebrates and amphibians. Philadelphia, American Society for Testing and Materials. Guide no. E729-88a
- Badawy, HMA; El Arnauty, SA. 2000. Direct and indirect effects of some insecticides on *Chrysoperla carnea* (Stephens) s.l. (Neuroptera: Chrysopidae). *J. Neuropterology* 2: 67-76.
- Baoying, Q; Gordon, G; Gimme, W. 2001. Effects of neem-fed prey on the predacious insects *Harmonia conformis* (Boisduval) (Coleoptera: Coccinellidae) and *Mallada signatus* (Schneider) (Neuroptera: Chrysopidae). *Biol. Control* 22: 185-190.
- Beingolea, OG. 1994. Guías práctica para identificar familias de insectos de interés agrícola. Lima, Perú, Red de Acción en Alternativas al uso de Agroquímicos. 309 p.
- Bezerril, EF; Carneiro, JDS; Torres-Filho, J. 1992. Chemical control of the leafminer *Scrobipalpula absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) in the Ibiapaba Plateau, Ceara. *An. Soc. Entomol. Bras.* 21:217-224.
- Calow, P. 1993. Handbook of ecotoxicology. Blackwell Science. vol. I. 478 p.
- Cardoso, JT; Lazzari, MN. 2000. Impact of *Chrysoperla externa*

- (Neuroptera: Chrysopidae) on *Cinara* spp. (Homoptera: Aphididae) in laboratory. In International Congress of Entomology (21, 2000, Brasil). Abstract Book I.
- Cubillo, D; Sanabria, G; Hilje, L. 1999. Evaluación de la repelencia causada por insecticidas comerciales y extractos vegetales sobre *Bemisia tabaci*. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 53: 65-71.
- Danfa, A; Fall, B; Van Der Valk, H. 1998. Acute toxicity tests with *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae), using different locust control insecticides in the Sahel. In Everts, JW; Mbaye, D; Barry, O; Mullié, W. Ed. Environmental side-effects of locust and grasshopper control. vol. 3. p. 117-132.
- Fernández, MC; De Bortoli, SA; Ferreira, RJ. 2000. Pesticides effects on *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). In International Congress of Entomology (21, 2000, Brasil). Abstract Book I.
- Ferreira, BJ; Seno, KCA; Albergaria, NMMS; Dória, HOS; De Freitas, S. 2000. Acaricides selectivity evaluation on *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae). In International Congress of Entomology (21, 2000, Brasil). Abstract Book I.
- Finizio, A; Calliera, M; Vighi, M. 2001. Rating system for pesticides risk classification on different ecosystems. Ecotoxicol. Environ. Saf. 49: 262-274.
- Fonseca, AR; Carvalho, CF; Souza, B; Ecole, CC. 2000. Functional response of *Chrysoperla externa* fed on *Schizaphis graminum*. In International Congress of Entomology (21, 2000, Brasil). Abstract Book I.
- Gonscalves, MEC; Oliveira, JV; Barros, R; Torres, JB. 2000. Effect of vegetal aqueous extracts on immature stages and females of the cassava green mite *Mononychelus tanajoa*. In International Congress of Entomology (21, 2000, Brasil). Abstract Book I.
- Gruber, AK. 1992. Biología y ecología del árbol del neem (*Azadirachta indica* A. Juss): extracción, medición, toxicidad y potencial de crear resistencia. CEIBA (Honduras) 33: 249-256.
- Hassan, SA. 1992. Guidelines for testing the effects of pesticides on beneficial organisms: description of test methods. IOBC/ WPRS Bulletin 1992/XV/3.
- Hassan, SA; Bigler, F; Bogenschuetz, H; Boller, E; Brun, J; Calis, JNM; Coremans-Pelseneer, J; Duso, C; Grove, A; Heimbach, U; Helyer, N; Hokkanen, H; Lewis, GB; Mansour, F; Moreth, L; Polgar, L; Samsoe-Petersen, L; Sauphanor, B; Staebli, A; Sterk, G; Vainio, A; Van De Veire, M; Viggiani, G; Vogt, H. 1994. Results of the sixth joint pesticide testing programme of the IOBC/ WPRS-working group pesticide and beneficial organisms. Entomophaga 39: 107-119.
- Hill, TA; Foster, RE. 2000. Effect of insecticides on the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) and its parasitoids *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae). J. Econ. Entomol. 93: 763-768.
- Hurej, M; Dutcher, JD. 1994. Indirect effect of some insecticides used in pecan orchard to larvae of *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae). J. Entomol. Sci. 29: 450-456.
- Iannacone, JA. 2001. Uso y perspectivas de insecticidas botánicos: reviviendo y modernizando una antigua técnica con plaguicidas etnobotánicos. In Simposio Internacional de Medio Ambiente y uso de recursos naturales para el desarrollo sustentable (2001, Lima, Perú). Libro de Resúmenes.
- Iannacone, JA; Gutiérrez, A. 1999. Ecotoxicidad de los agroquímicos lindano y clorpirifos sobre el nemátodo *Panagrellus*, la microalga *Chlorella* y el ensayo con *Allium*. Agricultura Técnica (Chile) 59: 85-95.
- Iannacone, J; Alvaríño, L; Caballero, C; Sánchez, J. 2000. Cuatro ensayos ecotoxicológicos para evaluar lindano y clorpirifos. Gayana 64: 139-146.
- Iannacone, JA; Murrugarra, Y. 2000. Fluctuación poblacional del predador *Metacanthus tenellus* Stal (Heteroptera: Berytidae) por los insecticidas botánicos rotenona y neem en el cultivo de tomate en el Perú. Revista Colombiana de Entomología 26: 89-97.
- Iannacone, JA; Reyes, M. 2000. Efecto de dos extractos botánicos rotenona y neem sobre dos plagas del tomate en el Perú. In Congreso Nacional de Botánica. (VIII, 2000, Arequipa, Perú). Libro de Resúmenes. Universidad Nacional de San Agustín. p. 105.
- Iannacone, JA; Alvaríño, L. 2001. Efecto de la azadiractina y rotenona en las poblaciones del gusano ejército *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae) en el cultivo de tomate en Ica, Perú. In Convención Nacional de Entomología "Ing. Oscar Beingolea Guerrero In Memoriam" (XLIII, 2001, Lima, Perú). Libro de Resúmenes. p. 136.
- Iannacone, JA; Reyes, M. 2001. Efecto en las poblaciones de *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) y *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) por los insecticidas botánicos neem y rotenona en el cultivo de tomate en el Perú. Revista Colombiana de Entomología 27: 147-152.
- Isman, MB. 1997. Neem and other botanical insecticides: Barriers to commercialization. Phytoparasitica 25: 339-344.
- Isman, MB. 2000. Phytochemical prospecting for insecticides: improving the odds of discovery. In International Congress of Entomology (XXI, 2000, Brasil). Abstract Book I.
- Kawai, A. 1988. Toxicity of some pesticides to *Encarsia formosa* Gahan. Bull. Natl. Res. Inst. Veg. Ornamental Plants Tea Ser. D 10: 59-68.
- Liu, TX; Chen, TY. 2000. Effects of the chitin synthesis inhibitor buprofezin on survival and development of immatures of *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae). J. Econ. Entomol. 93: 234-239.
- Mareggiani, G. 2001. Manejo de insectos plaga mediante sustancias semioquímicas de origen vegetal. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 60: 22-30.
- Mejia, JW; Bustillo, AE; Orozco, J; Chavez, B. 2000. Efecto de cuatro insecticidas y de *Beauveria bassiana* sobre *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyridae), parasitoide de la broca del café. Revista Colombiana de Entomología 26: 117-123.
- Millan, CD; Farris, JL; Wilhide, JD. 2000. Evaluating mosquito control pesticides for effect on target and nontarget organisms. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 39: 324-328.
- Mizell, RF; Schiffhauer, DE. 1990. Effects of pesticide on pecan aphid predators *Chrysoperla rufilabris* (Burmeister) (Neuroptera: Chrysopidae), *Hippodamia convergens*, *Cycloneda sanguinea* (L.) *Olla v-nigrum* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Aphelinus perpallidus* (Hymenoptera: Encyrtidae). J. Econ. Entomol. 83: 1806-1812.
- Murrugarra, Y; Reyes, M; Iannacone, J. 1998. Monitoreo de poblaciones bajo el efecto de los extractos botánicos de neem y rotenona, versus químicos convencionales en el cultivo de tomate en Ica, Perú. In Seminario Taller Internacional Aportes del Control Biológico en la Agricultura Sostenible y I Congreso Latinoamericano de la Sección Regional Neo-

- tropical de la Organización Internacional de lucha biológica (2, 1998, Lima, Perú). p. 145.
- Norman, GR; Streiner, DL. 1996. Bioestadística. Mosby/Doyma Libros. 260 p.
- Núñez, EZ. 1988a. Chrysopidae (Neuroptera) del Perú y sus especies más comunes. Revista Peruana de Entomología 31: 69-75.
- Núñez, EZ. 1988b. Ciclo biológico de *Chrysoperla externa* y *Ceraeochrysa cincta* (Neuroptera: Chrysopidae). Revista Peruana de Entomología 31: 76-82.
- Núñez, EZ. 1998. Importancia de los predadores en el control biológico. In Nuevos aportes del control biológico en la agricultura sostenible. Lizarraga, AT; Barreto, UC; Holland, J. Ed. p. 69-96.
- Obrycki, JJ; Tauber, MJ; Tingey, WM. 1986. Comparative toxicity of pesticides to *Edovum puttleri* (Hymenoptera: Eulophidae) an egg parasitoid of the colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). J. Econ. Entomol. 79: 948-951.
- Pascual, MJV. 1996. Evaluación de la actividad insecticida de extractos vegetales de *Chrysanthemum coronarium* L. Boletín de Sanidad Vegetal de Plagas (España) 22: 411-420.
- Rae, DJ; Watson, DM; Liang, WG; Li, M; Huang, MD; Ding, Y; Xiong, JJ; Du, DP; Tang, J; Beattie, AC. 1996. Comparison of petroleum spray oils, abamectina, cartap, and methomyl for control of citrus leafminer (Lepidoptera: Gracillariidae) in southern China. J. Econ. Entomol. 89:493-500.
- Reis, PR; Souza, JCD. 1998. Chemical control of *Tuta absoluta* (Meyrick) in staked tomato plants. Ciencia e Agrotecnol. 22:13-21.
- Ribeiro, LJ; Berti-Filho, E; Antonio, MB. 2000. First record of *Chrysoperla externa* preying the citrus leafminer *Phyllocnistis citrella*. In International Congress of Entomology (21, 2000, Brasil). Abstract Book I.
- Schmutterer, H. 1997. Side effects of neem (*Azadirachta indica*) products on insect pathogens and natural enemies of spider mites. J. Appl. Entomol. 121: 121-126.
- Schultz, EB; Bhatnagar, D; Jacobson, M; Metcalf, RL; Saxena, R; Unander, D. 1993. Neem a tree for solving global problems. 2 ed. Report of an Ad Hoc Panel of the Board on Science and Technology for International Development National Research Council. Washington, D.C., National Academic Press.
- Senior, LJ; Mcewen, PK; Kidd, NAC. 1998. Effects of the chitin synthesis inhibitor triflumuron on green lacewing *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae): influence on adult potentialities and off-spring. Acta Zool. Fenn. 209: 227-231.
- Shour, MH; Crowder, LA. 1980. Effects of pyrethroid insecticides on the common green lacewing. J. Econ. Entomol. 73: 306-309.
- Smilanick, JM; Zalom, FG; Ehler, LE. 1996. Effect of Methamidophos residue on the pentatomid eggs parasitoids *Trissolcus basalidis* and *T. utahensis*. Biol. Control 6: 193-201.
- Strickler, K; Croft, BA. 1985. Comparative rotenone toxicity in the predator *Amblyseius fallacis* (Acari: Phytoseiidae) and the herbivore *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) grown on lima beans and cucumbers. Environ. Entomol. 14: 243-246.
- Tenorio, J. 1996. Biología, comportamiento y control de las polillas de la papa: *Symmetrischema tangolias* (Gyen) y *Phthorimaea operculella* (Zéller) en Cajamarca. Tesis Ing. Agr. UNALM.
- Tillman, PG; Scott, W. 1997. Susceptibility of *Cotesia marginiventris* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae) to field rates of selected cotton insecticides. J. Ent. Sci. 32: 303-310.
- Vargas, RM; Ubillo, AF. 2001. Toxicidad de pesticidas sobre enemigos naturales de plagas agrícolas. Agricultura Técnica (Chile) 61: 35-41.
- Xia, Q; Tan, P; Fen, X; Chen, M; Kajihara, N; Minai, M; Hosaka, Y. 1992. Assessment of the molluscicidal activities of Tribromosolan, cartap and chlorothalonil against *Oncomelania hupensis*. Jpn. J. Med. Sci. Biol. 45: 75-80.
- Zar, JH. 1996. Bioestadistical analysis. 3 ed. New Jersey, Prentice-Hall. 662 p.
- Zeng, XN; Coll, JT; Xie, JJ; Liu, XQ; Campos, FD. 2000. Comparison of rotenone contents bioactivity between roots and callus cultures of *Derris elliptica*. In International Congress of Entomology (21, 2000, Brasil). Abstract Book I.

Manejo de *Bemisia tabaci* en América Central y el Caribe: la experiencia de un decenio¹

Luko Hilje²

RESUMEN. En respuesta a la crisis agrícola, económica y social causada por la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en América Central y el Caribe desde mediados de los años 80, en 1992 se inició el *Plan de Acción para el Manejo de Moscas Blancas y Geminivirus*, cuyo eje estratégico es la validación y transferencia de tecnologías de manejo integrado de plagas (MIP) hacia los agricultores. Este artículo discute los logros alcanzados en el primer decenio de su funcionamiento, resultantes no solamente de la labor de las Comisiones Nacionales que participan en el Plan, sino también de numerosos funcionarios y entidades que efectúan labores de validación y transferencia, investigación, diagnóstico o capacitación. El principal logro es que tanto los técnicos como los agricultores conocen mejor el complejo mosca blanca-geminivirus en sus aspectos bioecológicos, agrícolas, económicos y de manejo. Además de este mejoramiento de percepción, que favorece la implementación de programas de MIP, ellos conocen nuevas tácticas y sus combinaciones para el manejo del problema. Pero también ha habido valiosos aportes conceptuales y metodológicos en cuanto a métodos de investigación participativa para favorecer la adopción de algunas tácticas de MIP. Asimismo, sobresalen las exitosas campañas fitosanitarias de la República Dominicana, México y Cuba, así como algunos aportes de tipo técnico en el mejoramiento genético de tomate y frijol, y algunas prácticas agrícolas (producción de plántulas en semilleros cubiertos con malla y coberturas al suelo). No obstante, hasta ahora los logros han sido desuniformes entre los países y existe la necesidad de aumentar la cobertura de los programas exitosos de MIP.

Palabras claves: Plan de Acción, América Central, Caribe, Moscas Blancas, Geminivirus, Manejo Integrado de Plagas.

ABSTRACT. *Whitefly (Bemisia tabaci) management in Central America and the Caribbean: the last decade.* Since the mid 1980's, many crops in Central America and the Caribbean were affected by geminiviruses transmitted by the whitefly *B. tabaci*, resulting in a serious agricultural, economic and social crisis. In response to this emergency, an *Action Plan for Whitefly and Geminivirus Management* was launched in 1992, aimed at validating and transferring integrated pest management (IPM) technologies to growers. This paper summarizes the main achievements of such a Plan during its first decade of implementation, which represent the outcomes of not only National Committees which carry it out, but also of many people and organizations involved in IPM validation and transfer, as well as research, diagnosis and training activities. Nowadays, both agronomists and growers are better aware of the implications of the whitefly-geminivirus problem in economic, agricultural and environmental terms. In addition to improving their perceptions, which makes them more prone to adopt and implement IPM programs, they are now familiar with available tactics and their combinations to deal with the problem. Moreover, there have been original contributions in conceptual and methodological issues related to farmer participatory research, as to favor IPM adoption. Also, area-wide plant protection campaigns, involving quarantine regulations and host-free periods, have been quite successful in the Dominican Republic, Mexico and Cuba. Finally, some novel contributions on plant breeding for tomato and beans, as well as some promising cultural practices (seedlings produced under fine netting, and living ground covers), are now under field testing or validation. Nonetheless, accomplishments between countries have been rather uneven, and there is still a pressing need to increase coverage of successful IPM programs.

Key words: Action Plan, Central America, Caribbean, Whiteflies, Geminiviruses, Integrated Pest Management.

¹ Charla presentada en el Simposio Situação atual da mosca branca *Bemisia tabaci* no Brasil e na América Central, dentro del XIX Congresso Brasileiro de Entomología. Manaus, Amazonas. Junio, 2002.

² Unidad de Fitoprotección, CATIE. Turrialba, Costa Rica. lhilje@catie.ac.cr

Introducción

La región de América Central y el Caribe está ubicada en una franja totalmente tropical (entre 7 y 18° N), por lo que tiene una gran estabilidad térmica, además de un clima marítimo, por su condición de ser un istmo más un conjunto de islas. Sus altitudes varían entre 0-4000 m, con muy diversas zonas de vida y ecosistemas, así como numerosos microclimas de gran importancia ecológica y agrícola. Asimismo, hay gran variedad de sistemas de cultivos, desde campos sembrados con pequeñas áreas de policultivos ("mosaicos"), hasta monocultivos muy extensos, de centenas o miles de hectáreas.

En estas condiciones, las plagas son una amenaza permanente para la producción agrícola, lo cual obliga a los agricultores y técnicos a dedicar grandes esfuerzos y recursos al manejo de plagas durante todo el año. Una de ellas, la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) causó sus primeras afecciones serias en los años 60, al alcanzar densidades explosivas en el cultivo de algodón (*Gossypium hirsutum*) en las áreas costeras del Pacífico de El Salvador, Honduras, Guatemala, Nicaragua y Costa Rica, seguidas por fuertes epidemias del Virus del mosaico dorado (BGMV) en frijol (*Phaseolus vulgaris*) (Kraemer 1966, Gámez 1971). No obstante, después dejó de ser una plaga notoria, ya que fue parcialmente controlada y, además, el algodón perdió importancia agroindustrial, hasta dejar de sembrarse.

Sin embargo, los problemas con esta plaga reaparecieron en forma seria en los años 80, ahora en varios cultivos y a altitudes comprendidas entre 0-1440 m. Curiosamente, esta vez mostró una clara simultaneidad en su aparición, así: 1986 (Nicaragua), 1987 (Guatemala), 1988 (República Dominicana y Costa Rica), 1989 (Belice, Honduras, El Salvador, Cuba y Puerto Rico), 1990 (Haití) y 1991 (México, Panamá y Jamaica) (Informes Nacionales 2000). Los principales cultivos afectados fueron el frijol, tomate (*Lycopersicon esculentum*), chile dulce (*Capsicum annuum*), melón (*Cucumis melo*), sandía (*Citrullus lanatus*), ayote (*Cucurbita moschata*) y tabaco (*Nicotiana tabacum*) (Hilje 1996). En realidad, rara vez se ha observado daño directo, causado por poblaciones desmesuradas, y más bien lo común ha sido el daño debido a geminivirus, que en general ha sido muy serio.

Dada la coincidencia temporal con lo ocurrido en el sur de los EE.UU. (California, Arizona, Texas y Florida), donde en 1991 se presentó una situación grave, por daño directo, en varios cultivos (algodón, melón,

tomate y plantas ornamentales), se consideró que tal simultaneidad obedecía a la introducción accidental del biotipo B (conocido por algunos autores *B. argentifolii*). No obstante, esta hipótesis carece de sustento científico, pues aunque dicho biotipo aparece en varios países de la región, hoy se sabe que en algunos de éstos los daños han sido causados por otros biotipos nativos, incluyendo al biotipo A, ampliamente distribuido en la región (Informes Nacionales 2000).

Ante esta situación, que causó una verdadera crisis agrícola, económica y social, por las severas pérdidas, el abandono de campos cultivados y el sobreuso de insecticidas (Hilje 1996), se buscaron soluciones de emergencia en cada país, pero de manera dispersa, con poca o ninguna comunicación entre los países vecinos. Sin embargo, pronto se tomó conciencia de la necesidad de unir esfuerzos y se propuso un *Plan de Acción* para la región.

El Plan de Acción

En 1992 se realizó el *Primer Taller Centroamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas* en el CATIE, que es un centro de investigación y asistencia técnica, de carácter regional. En dicho evento, tomando como modelo de trabajo el *Plan Nacional de Investigación y Acción sobre Bemisia tabaci*, de los EE.UU., se configuró el *Plan de Acción Regional para el Manejo de las Moscas Blancas*, elaborado por una comisión con representantes de instituciones de investigación, transferencia de tecnología y cooperación técnica, tanto del sector público como del privado (Hilje 1998).

Su propósito ha sido coordinar esfuerzos entre países, a través de una red de Comisiones Nacionales o Grupos Técnicos en cada país. Su eje estratégico es la validación y transferencia, hacia los agricultores, de tecnologías de manejo integrado (MIP) del complejo mosca blanca-geminivirus, complementadas con actividades de diagnóstico, investigación y capacitación.

Hasta ahora, a pesar de no contar con financiamiento sólido ni permanente, la Red ha logrado importantes avances en el último decenio, entre los que sobresale la ampliación de su cobertura (de 7 a 21 países, incluyendo a España y Portugal), para compartir información técnica y experiencias prácticas. A continuación se describen los principales logros (Hilje 2000).

Logros

En cuanto a los logros alcanzados en América Central y el Caribe, cabe indicar que no todos ellos correspon-

den a la labor de las Comisiones Nacionales. En realidad, muchos son el resultado del esfuerzo de funcionarios de numerosas entidades públicas y empresas privadas que efectúan labores de validación y transferencia, investigación, diagnóstico o capacitación, quienes generalmente comparten la información a través de los mecanismos propios de la Red.

Transferencia de tecnología. La validación y transferencia de tecnologías para el manejo integrado del complejo *Bemisia tabaci*-geminivirus ha sido la prioridad del Plan, y se ha efectuado con bastante éxito en todos los países de la región (Informes Nacionales 2000) (Fig. 1A). Esto ha permitido un cambio en la mentalidad y en las prácticas de los agricultores, quienes, a diferencia de cuando se inició el problema con dicho complejo y recurrían al uso de insecticidas de amplio espectro, han sido más conscientes y cuidadosos.

En años recientes la transferencia ha perdido fuerza, especialmente porque los agricultores perciben que la crisis ya fue superada, gracias a la disponibilidad de insecticidas eficaces, con nuevos modos de acción, como el imidacloprid, acetamiprid, buprofezina y piriproxifén (Informes Nacionales 2000). Pero esta situación es preocupante pues, como lo sugieren algunas evidencias en otros países, *B. tabaci* podría desarrollar resistencia a estos productos.

Pero cabe advertir que tanto los dos componentes del complejo *B. tabaci*-geminivirus como sus interacciones, son dinámicos y evolucionan continuamente, dando origen a situaciones nuevas, que podrían ser de difícil manejo. Un caso ilustrativo fue la aparición de una virosis de gran agresividad causada por geminivirus en melón en Zacapa (Guatemala) a inicios de 2001, lo cual no se había observado para este cultivo en América Central. En dicha área, más de 1000 ha afectadas por la virosis debieron arrancarse (Carlos Rodríguez 2001, Del Monte Specialties, com. pers.); en una sola empresa se eliminaron 246 ha. Donde no se arrancaron las parcelas, en general las aplicaciones de insecticidas aumentaron de 18 a 30 y, aún así, los rendimientos disminuyeron de 1200 a 700 cajas/ha (de 19 800 a 11550 kg/ha), obteniéndose además un producto de baja calidad.

Sin embargo, se cuenta con fortalezas para enfrentar situaciones inéditas, pues en la región se han realizado aportes valiosos en cuanto a la validación y transferencia de tecnologías de MIP, no solamente en los campos de los agricultores, sino también en aspectos

conceptuales y metodológicos (Informes Nacionales 2000). Estos pueden ser útiles no solo para los sistemas agrícolas típicos de la región, sino también de otros países del continente americano.

Por ejemplo, en Nicaragua, en contraposición con los métodos de extensión convencionales, se ha desarrollado un modelo de investigación participativa (y también de capacitación y aprendizaje), el cual ha utilizado el manejo del complejo mosca blanca-geminivirus como uno de sus temas de trabajo (Zamora *et al.* 2001). En dicho proceso participativo los productores se involucran desde el inicio en la generación de tecnologías realmente compatibles con su sistema de producción y, a la vez, durante el proceso aumenta su autonomía y confianza, al incrementarse su capacidad para tomar decisiones y razonar ecológicamente, de modo que en el futuro puedan hacer innovaciones en su sistema, independientemente de la presencia de extensionistas en su zona.

Aportes técnicos. Desde el principio del Plan, ha habido conciencia de que no existe un método eficaz único y universal para lidiar con el complejo *B. tabaci*-geminivirus, por lo que se ha promovido un enfoque basado en la noción y prácticas del MIP. Durante este decenio, en los talleres anuales se han realizado 410 presentaciones, la mayoría sobre métodos de manejo. Casi todos corresponden a investigación adaptativa de técnicas generadas en países extra-regionales, aunque también se han desarrollado aportes originales localmente. Entre dichos métodos sobresalen los siguientes:

Campañas fitosanitarias. Aunque se ha reforzado la capacitación para evitar o retardar el ingreso del biotipo B en algunos países, se ha tenido éxito sobre todo evitando que se disemine dentro de éstos, como se ha hecho en México, para evitar su desplazamiento desde el norte hacia el sur del país. Esto se ha logrado mediante sólidas campañas fitosanitarias, sustentadas en normas jurídicas, y basadas en la organización y participación de los productores, entre las que destacan las de México, la República Dominicana y Cuba (Torres *et al.* 2000, Villar *et al.* 2000, Murguido *et al.* 2001).

Si bien, lógicamente, ha habido especificidades según el país, la concepción territorial y la coordinación entre regiones ha sido fundamental en todas. Su objetivo ha sido aplicar medidas fitosanitarias orientadas a prevenir, detectar, combatir y disminuir la presencia o abundancia de *B. tabaci*, para así reducir las

pérdidas en la producción. Se basa en un enfoque de MIP, combinando las actividades de muestreo, identificación, diagnóstico, investigación, manejo (prácticas agrícolas, control biológico y combate químico), capacitación a técnicos y productores, y divulgación sobre la importancia del problema y las actividades encaminadas hacia su manejo. Ha sido clave la programación de las fechas de siembra, la capacitación y las inspecciones en pre-temporada, los planes de semilleros, la disponibilidad de bioplaguicidas y otros insumos para el manejo de la plaga, y los períodos de cosecha y destrucción de residuos (Torres *et al.* 2000, Villar *et al.* 2000, Murguido *et al.* 2001).

Por tratarse de un caso particularmente exitoso, así como bien documentado, a continuación se destaca la experiencia exitosa obtenida en la República Dominicana con el establecimiento y acatamiento obligatorio de las fechas de siembra y de vedas (Villar *et al.* 2000) (Fig. 1B). De hecho, ambas prácticas son complementarias, y se basan en la interrupción del ciclo de vida y la reproducción de *B. tabaci*. Las primeras consisten en sembrar el cultivo de interés de manera sincronizada en una misma región, mientras que con las vedas se pretende evitar la presencia de hospedantes que sirvan como un "puente" entre las temporadas principales de dicho cultivo.

En este país, en años anteriores la producción de tomate para pasta colapsó, gravemente afectada por el *Virus del rizado amarillo de la hoja del tomate* (TYLCV), que es exótico. La crisis fue tan seria que, de la temporada 1988-1989 a la de 1993-1994, el área cosechada disminuyó de 8 805 a 6 603 ha, mientras que los rendimientos decrecieron de 21,6 a 11,3 t/ha. Para superar esta situación, las fechas de siembra y las vedas se implementaron, con el apoyo de decretos que prohibían la siembra de hospedantes reproductivos de *B. tabaci* tres meses antes de la temporada principal del tomate y promovían al sorgo (*Sorghum bicolor*) como cultivo de rotación. Afortunadamente ellas, en combinación con otras medidas (híbridos tolerantes y uso racional de insecticidas), permitieron aumentar el área cosechada a 8 940 ha y los rendimientos a 28 t/ha, para la temporada 1996-1997.

Cultivares tolerantes. Los mayores esfuerzos en el combate fitogenético del complejo mosca blanca-geminivirus se han focalizado hacia el frijol y el tomate, gracias a los esfuerzos de las redes PROFRIJOL (coordinada por el CIAT, en Colombia) y REDCAHOR (Red Co-

laborativa de Investigación y Desarrollo en Hortalizas para América Central y República Dominicana), respectivamente. En ambos casos se dispone de germoplasma valioso, el cual ha demostrado buen potencial para el desarrollo de cultivares comerciales de frijol y de tomate; lamentablemente, REDCAHOR se encuentra suspendida, pero se espera que resurja en los próximos años.

Actualmente se cuenta con híbridos tolerantes al TYLCV disponibles comercialmente, algunos de los cuales contribuyeron a superar la crisis en la República Dominicana, pero se desconoce si estos cultivares también son tolerantes a los numerosos geminivirus nativos que afectan al tomate en América (Polston y Anderson 1997). Afortunadamente, en la actualidad hay un programa colaborativo de mejoramiento en Guatemala, con el apoyo de varias instituciones de Israel, EE.UU. y Francia, el cual ya cuenta con líneas promisorias, derivadas de *Lycopersicon hirsutum*, *L. peruvianum* y *L. pimpinellifolium* como fuentes de resistencia al TYLCV.

Las plantas tolerantes al TYLCV fueron seleccionadas en Guatemala contra geminivirus nativos, durante varias generaciones. Esta selección dio origen a líneas progenitoras que, al ser cruzadas con líneas susceptibles pero con otros caracteres deseables (resistencia a otros patógenos, buen rendimiento y frutos firmes), produjeron híbridos tolerantes. Estos superan ampliamente a los híbridos comerciales, aún sin protección química contra *B. tabaci*, pero se desconoce cuál será su comportamiento bajo condiciones comerciales. Dichos híbridos actualmente se están evaluando, de manera preliminar, en campos de productores (Luis Mejía 2002, Universidad de San Carlos, com. pers.).

Semilleros cubiertos. Esta práctica ha tenido mucho éxito, y se basa en la exclusión de *B. tabaci* con mallas finas. Es especialmente crítica en su papel como vector, pues durante la etapa de semillero las plántulas son más susceptibles a la infección por geminivirus. En la actualidad, en varios países de América Central y el Caribe es común la producción comercial de plántulas en grandes invernaderos (Informes Nacionales 2000) (Fig. 1C), los cuales han surgido en respuesta a los problemas causados por el complejo mosca blanca-geminivirus. En estos invernaderos aún no se utilizan ampliamente nuevos materiales protectores, como algunos plásticos y mallas impregnados con un pigmen-

to que bloquea una parte del espectro de la luz ultravioleta (como el "bionet"), lo cual desorienta a los adultos de *B. tabaci* cuando tratan de localizar el cultivo; no obstante, es previsible que pronto se haga.

Una opción que ha tenido buena aceptación en la región, debido a su eficacia y bajo costo, es la producción de plántulas dentro de microtúneles (Fig. 1D). Así, en vez de comprar plántulas provenientes de grandes invernaderos, muchos pequeños agricultores producen sus propias plántulas, para lo cual siembran la semilla de tomate en cartuchos de papel periódico y los colocan dentro de pequeños túneles cubiertos con malla fina (Tildenet IN50 o Biorete 20/10) durante los primeros 22-25 días desde la siembra. Las plántulas resultantes no están enfermas por virus, tienen buena forma y no sufren estrés al ser trasplantadas.

Coberturas al suelo. Las coberturas con plásticos plateados o blancos, que actúan como un repelente físico de *B. tabaci*, se utilizan a escala comercial en varios países de la región, sobre todo para melón y sandía, aunque también para tomate y chile dulce. Sin embargo, sus mayores limitaciones son los altos costos y su eliminación, que causa contaminación ambiental. Una opción con gran potencial para pequeños productores, la cual se está validando actualmente en campos de tomate en Costa Rica, son las coberturas vivas. Entre ellas sobresale el culantro (*Coriandrum sativum*, Umbelliferae), ya que disminuye la afluencia de adultos de *B. tabaci*, así como la incidencia y severidad de enfermedades virales, y es rentable, pues además de mejorar los rendimientos *per se*, la venta del culantro genera ingresos adicionales (Fig. 1E).

Sustancias repelentes/disuasivas. Estas sustancias pueden evitar que el vector haga contacto con el cultivo e inocule los geminivirus, pero hasta ahora han sido poco evaluadas en el campo. Sin embargo, se ha documentado el efecto disuasivo de algunos aceites minerales (Volck 100 Neutral y Sunspray Oil) y vegetales (nim y Cinnamite), así como de varios extractos de plantas silvestres, los cuales podrían utilizarse de manera rústica, especialmente en sistemas de pequeños productores. En Costa Rica se han evaluado más de 60 extractos, de los cuales los siguientes han mostrado efectos promisorios: chile muelo (*Drymis granatensis*, Winteraceae), madero negro (*Gliricidia sepium*, Fabaceae), tacaco cimarrón (*Sechium pittieri*, Cucurbitaceae), apazote (*Chenopodium ambrosioides*,

Chenopodiaceae), sorosí (*Momordica charantia*, Cucurbitaceae) y hombre grande (*Quassia amara*, Simaroubaceae).

Diagnóstico. A diferencia de hace un decenio, cuando los datos eran fragmentarios y los métodos de diagnóstico eran menos confiables, hoy se cuenta con un inventario bastante detallado de especies de Aleyrodidae y de biotipos de *B. tabaci*, así como con una buena aproximación sobre los geminivirus presentes en América Central y el Caribe (Informes Nacionales 2000). En gran medida, ello obedece al apoyo del Proyecto Mosca Blanca-CIAT (*Sustainable Integrated Management of Whiteflies as Pest and Vectors of Plant Viruses in the Tropics*), que promovió este inventario en varios países. Hoy se dispone de una importante capacidad instalada, tanto en el CIAT como en el Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular (CIBCM), de la Universidad de Costa Rica (UCR), la cual debería aprovecharse aún más.

Capacitación y diseminación de información. En contraste con lo sucedido hace un decenio, cuando el conocimiento sobre el complejo mosca blanca-geminivirus era escaso o nulo en la región, hoy se dispone de abundante y valiosa información sobre su bioecología, epidemiología y manejo (Informes Nacionales 2000). Las memorias resultantes de los 10 talleres anuales realizados hasta ahora (Fig. 1F), son un acervo extraordinario de conocimientos, de gran utilidad para técnicos, extensionistas y productores de la región.

Asimismo, ya se cuenta con un pórtico en internet (www.catie.ac.cr/moscablanca), donde aparece gran parte de dicha información, y también hay un flujo continuo de consultas mediante la internet, que el coordinador de la Red canaliza según corresponda. También, se han publicado 38 números del boletín trimestral *Mosca Blanca al Día*, en el cual se informa sobre hallazgos científicos, eventos, publicaciones y fuentes de información sobre el tema. Finalmente, para llenar una deficiencia muy sentida se publicó un libro para estandarizar las metodologías de trabajo, el cual ha tenido gran demanda.

Desafíos

Sin duda, el principal logro alcanzado en América Central y el Caribe tras un decenio de trabajo coordinado entre los países, es que tanto los técnicos como los agricultores conocen mejor al complejo mosca



Figura 1. Ejemplos gráficos de algunas actividades relacionadas con el manejo del complejo *B. tabaci*-geminivirus en América Central y el Caribe: día de campo para promover la validación y transferencia de tecnologías de MIP (A); campaña fitosanitaria basada en vedas y fechas de siembra, en la República Dominicana (B); producción comercial de plántulas de tomate en grandes invernaderos (C); producción de plántulas de tomate en microtúneles (D); cobertura viva de culantro, en tomate (E); taller anual para el intercambio de información y experiencias (F). (Fotos de L. Hilje, excepto la B, cortesía del Ing. Augusto Villar).

blanca-geminivirus, en sus aspectos bioecológicos, agrícolas, económicos y de manejo. Además de este mejoramiento de percepción, el cual favorece la implementación de programas de MIP, ellos conocen nuevas tácticas, así como nuevas combinaciones de éstas, para el manejo del problema, y en varios casos los propios agricultores han sugerido prácticas para mejorar dichas tácticas.

No obstante, hasta ahora los logros han sido desuniformes entre los países y, a pesar de los avances alcanzados, aún existe la necesidad de aumentar la cobertura de los programas exitosos de MIP, y especialmente la urgencia de involucrar a los productores mediante métodos de investigación participativa, para así garantizar la adopción e implementación de dichos programas.

Literatura citada

- Gómez, R. 1971. Los virus del frijol en Centroamérica. I. Transmisión por moscas blancas (*Bemisia tabaci* Gen.) y plantas hospedantes del virus del mosaico dorado. Turrialba (Costa Rica) 21(1): 22-27.
- Hilje, L. 1996. Introducción. In Hilje, L. Ed. Metodologías para el estudio y manejo de moscas blancas y geminivirus. Turrialba, Costa Rica., CATIE. p. vii-xv.
- Hilje, L. 1998. Un modelo de colaboración agrícola internacional para el manejo de moscas blancas y geminivirus en América Latina y el Caribe. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 49: 1-9.
- Hilje, L. Ed. 2000. Informes nacionales. Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus. Panamá. (IX, 2000, Panamá). www.catie.ac.cr/moscablanca
- Informes Nacionales. 2000. IX Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus. Panamá. www.catie.ac.cr/moscablanca.
- Kraemer, P. 1966. Serious increase of cotton whitefly and virus transmission in Central America. J. Econ. Entomol. 59: 15-31.
- Murguido, C; Vázquez, LL; Gómez, O. 2001. Informe sobre el alcance del programa de manejo integrado de la mosca blanca y los geminivirus en tomate y frijol en Cuba. In Taller Iberoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus (X, 2001, Varadero, Cuba). Resúmenes. p. 179-183.
- Polston, JE; Anderson, PK. 1997. The emergence of whitefly-transmitted geminiviruses in tomato in the Western Hemisphere. Plant Disease 81(12): 1358-1369.
- Torres, C; Martínez, JL; Ramírez, JC. 2000. Informe de México. In Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus (IX, 2000, Panamá. Panamá). Resúmenes. p. 144-147.
- Villar, A; Alvarez, P; Escarramán, V; Gómez, E. 2000. Informe de la República Dominicana. In Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus (IX, 2000, Panamá. Panamá). Resúmenes. p. 173-175.
- Zamora, M; Padilla, D; Sediles, A; Monterrey, J; Castillo, P. 2001. Informe de Nicaragua. In Taller Iberoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus (X, 2001, Varadero, Cuba). Resúmenes. p. 190-197.

Evaluación de un método agronómico, biológico y químico para el combate de *Amerrhinus ynca* en plantaciones de coco

José Inácio Lacerda Moura¹

Cesar José Fanton²

Carlos Alberto Bernardo Mesquita³

RESUMEN. Se evaluó la eficacia de un método agronómico, uno biológico y uno químico para el control de *Amerrhinus ynca*. (Coleoptera: Curculionidae), una de las principales plagas del cocotero (*Cocos nucifera*) en el sur de Bahia, Brasil. El método agronómico, que consistió en la poda de las hojas secas que presentaban síntomas de ataque de la plaga y redujo la infestación del insecto en 98,5%. Sin embargo, es importante la época y la forma como se podan las hojas. Mediante el control biológico con *Paratherezia menezesi* (Diptera: Tachinidae) se logró un índice de parasitismo de 37% sobre larvas con la plaga. El control químico consistió en la aplicación del insecticida clorpirifos, y aunque eliminó totalmente la población del insecto, no se recomienda como único método de control por los efectos de estos productos en el ambiente y los costos para el productor. Por tanto, se recomienda un sistema de manejo preventivo integrado, que incluye el monitoreo constante de los árboles, combinado con la poda de hojas dañadas, y el control químico en los bordes de las plantaciones.

Palabras clave: *Amerrhinus ynca*, *Cocos nucifera*, Control biológico, *Paratherezia menezesi*, Control químico, Control cultural.

ABSTRACT. Evaluation of a cultural, biological and chemical method for the control of *Amerrhinus ynca* in coconut plantations. The efficacy of a cultural, biological and chemical method for the control of *A. ynca* (Coleoptera:Curculionidae), one of the principal pests of coconut trees (*Cocos nucifera*) was evaluated in the South of Bahia, Brazil. The cultural method consisted of pruning the dry leaves which exhibited signs of attack by the pest and reduced the level of insect infestation by 98.5%. However, the method and timing of pruning the leaves are important. Using biological control with *Paratherezia menezesi* (Diptera: Tachinidae) a level of 37% parasitism of larvae with the pest was achieved. The chemical method consisted of application of the insecticide chlorpyrifos, and although it totally eliminated the insect population, it is not recommended as the only control method due to the effects of these products on the environment and the costs for the producer. Therefore an integrated preventive management system is recommended, that includes the continual monitoring of the trees, combined with the pruning of damaged leaves and chemical control on the edges of the plantations.

Key words: *Amerrhinus ynca*, *Cocos nucifera*, Biological control, *Paratherezia menezesi*, Chemical control, Cultural control.

Introducción

El cultivo del coco (*Cocos nucifera*) en Brasil es afectado seriamente por plagas que producen daños en diferentes etapas del desarrollo de la planta (Ferreira *et al.* 1994). Entre las plagas más importantes del sur del estado de Bahia están *Lincus lobuliger* Breddin (Hemiptera, Pentatomidae), *Aceria guerreronis* Keifer

(Acari: Eriophyidae), *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae), y *Amerrhinus ynca* Sahlb. (Coleoptera:Curculionidae) (Moura y Vilela 1996). Esta última especie es conocida como la broca de la raquis foliar del cocotero y se encuentra también en los estados de Espírito Santo y Río de Janeiro.

¹ Estação Experimental Lemos Maia. ESMAl - CEPLAC. Una, Bahia - Brasil. jinaciolacerda@uol.com.br

² EMCAPER-ES. Vitória, Espírito Santo, Brasil. cjananton@alunos.ufv.br

³ Instituto de Estudos Sócio-Ambientais do Sul da Bahia - IESB. Ilhéus, Bahia, Brasil. mesquita@iesb.org.br

El incremento poblacional de *A. ynca* durante los últimos años en el sur de Bahía se debe probablemente a la gran población de palma silvestre conocida como Patí (*Syagrus bortryophora*), en la cual éste insecto se reproduce, así como también a la expansión de plantaciones de coco. Los problemas causados por *A. ynca* han aumentado año con año, causando serios daños a las plantaciones y pérdidas económicas a los productores de coco.

La broca de la raquis foliar del cocotero mide aproximadamente 26 mm de longitud, su color varía del amarillo a blanco, con puntos negros salientes, extendidos en todo el cuerpo, con mayor incidencia en el pronoto (Bondar 1940). El dimorfismo sexual no es claro. Las larvas son ápodas, blancas y cuando están completamente desarrolladas, pueden medir hasta 3 cm de longitud (Bondar 1940). Aunque todavía no se han estudiado completamente las fases del ciclo biológico, si se conoce que este se cumple dentro del pecíolo, y las pupas y adultos se encuentran en el interior del mismo. Observaciones de campo realizadas en Bahía evidenciaron que el ciclo tiene una duración de 6 a 8 meses.

La hembra de *A. ynca* generalmente hace la postura al lado inferior del pecíolo de la hoja. Con el rostro perfora cavidades pequeñas en el pecíolo y poco después oviposita dentro de éstos pequeños orificios. Al eclosionar la larva, ésta empieza a construir un canal o galería ascendente y, en la medida que penetra al interior del pecíolo, se van formando gotas de resina en el exterior. La larva se transforma en pupa en el interior de la galería y el adulto generalmente emerge por el haz del pecíolo. Cuando eso ocurre, es común observarlos alimentándose y copulando en las inflorescencias, así como ovipositando en el pecíolo. Cuando la población es baja, el ataque normalmente se limita a las hojas 11 y 12 (Moura *et al.* 1994). Por el contrario, si la población es grande el ataque se extiende a pecíolos de otras hojas, lo cual afecta la producción porque la gran cantidad de larvas dentro del pecíolo debilitan la hoja, la cual se rompe fácilmente por la acción del viento.

Por lo anterior y dado la falta de estudios sobre el manejo de esta plaga, se realizó el presente trabajo con el objetivo de evaluar la eficacia de un método agronómico, biológico y químico para el combate de *A. ynca*.

Materiales y métodos

La evaluación del método cultural se realizó en una plantación de coco, variedad enano amarillo de Mala-

sia, de 4 ha, ubicada en la Estación Experimental Lemos Maia, de la Comisión Ejecutiva del Plan de la Lavoura Cacaotera (CEPLAC), en el municipio de Una, Bahía. Las podas se iniciaron a principios de agosto de 1989 y continuaron durante seis años. Se seleccionó este mes porque es cuando la especie comienza a observarse (Moura *et al.* 1994).

En cada planta se podaron las hojas secas que presentaron exudados de resina, lo cual evidencia el ataque de *A. ynca*. Las hojas fueron retiradas de la plantación y colocadas en un sitio seguro donde se quemaron. La efectividad de este manejo se evaluó comparando el total de hojas atacadas contra el número de hojas que no sufrieron ataque de *A. ynca*.

El método de control biológico evaluado fue el parasitismo de *Paratherezia menezesi* (Diptera: Tachinidae) en *A. ynca*. Esto se realizó en una plantación de coco, variedad enano verde, de 3 ha y con 14 años de establecida, ubicada en la Hacienda Bolandeira, en el municipio de Una, Bahía. Los muestreos se hicieron durante 31 días, en octubre de 1996. En observaciones previas se había determinado que esa es la época del año en que pueden encontrarse larvas de *A. ynca* parasitadas por *P. menezesi* y pupas del parasitoide. Las hojas se abrieron a la mitad y se contó el número de larvas vivas de *A. ynca*, de larvas parasitadas; y de pupas del parásitoide.

La evaluación del método de control químico se realizó en una plantación de coco, variedad enano verde de 40 ha, con 6 años de establecida, ubicada en la Hacienda Paraíso, municipio de Canavieiras, Brasil. El insecticida utilizado fue clorpirifos, en dosis de 3,75 ml/L de agua. Las aplicaciones se hicieron utilizando una bomba de espalda de motor y dirigidas a las inflorescencias y a los raquis foliares inferiores. Se realizaron 14 aplicaciones entre octubre de 1997 y marzo de 1998, con intervalos de 15 días. Para facilitar la visualización y el conteo de los insectos muertos por la acción del insecticida se eliminó la vegetación del suelo bajo la proyección de la copa del cocotero usando un herbicida.

Resultados y discusión

El porcentaje de plantas de coco infectadas por *A. ynca* disminuyó a través de los años con el manejo agronómico mediante la poda de hojas afectadas por la plaga (Fig. 1). Al inicio de las podas, el 100% de los cocoteros presentaban señales de ataque y al final de esta actividad, se verificó sólo un 1,5% de infestación.

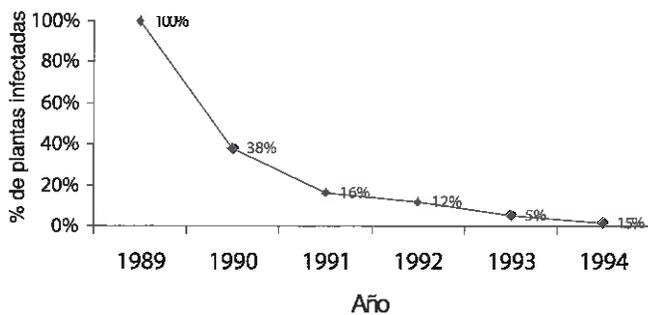


Figura 1. Evolución de la infestación de la plantación de coco por *A. ynca*

La poda puede constituir un buen recurso para el manejo de este insecto. Sin embargo, es importante hacer la poda en la forma y la época adecuada. En el estado de Bahia, los adultos de *A. ynca* comienzan a emerger a finales de agosto, y en los últimos días de marzo ya no es común observarlos. Por tanto, se recomienda la eliminación de todas las hojas secas que presentan síntomas de ataque de la plaga, a más tardar a finales de agosto.

No es recomendable eliminar las hojas verdes, pues eso podría afectar la producción y aumentaría la probabilidad de transmisión de enfermedades, principalmente si el cultivo está infectado con la enfermedad del anillo rojo. Sin embargo, en cocoteros improductivos o mal manejados y altamente infestados por *A. ynca*, se recomienda una poda drástica, es decir, la eliminación del 80% de las hojas atacadas. Naturalmente, la producción disminuirá pero esto será una situación temporal que contribuirá a la recuperación de la plantación.

La forma de podar las plantas también es muy importante. El corte de la hoja siempre debe hacerse en la base, cerca del tallo, porque si se hace en la mitad de la hoja o incluso a 50 cm de la base del raquis foliar, el insecto podría permanecer en la sección que permanece en la planta. En los lugares donde se encuentra la palma silvestre *S. bortryophora*, se deben revisar las hojas de las plantas de esta especie para determinar síntomas de ataque de *A. ynca*; si el resultado es positivo es necesario podar y quemar las hojas dañadas.

Con respecto al control biológico, el índice de parasitismo de *A. ynca* por *P. menezesi* fue de 37% (Fig. 2). La eficiencia de este parasitoide como agente de control biológico se ha estudiado en la zona. En evaluaciones realizadas en plantaciones de palma aceitera (*Elaeis guineensis*) en el sur del estado de Bahia, atacadas por *R. palmarum*, se determinó un parasitismo promedio de 51% (Moura *et al.* 1993).

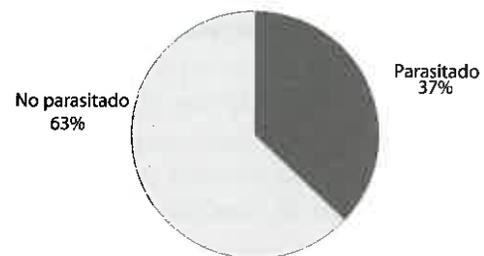


Figura 2. Parasitismo de larvas de *A. ynca* por *P. menezesi*.

La aplicación del insecticida sintético causó mortalidad del total de la población a partir del mes nueve; no obstante, después de las primeras aplicaciones se observaron los mayores picos poblacionales (Fig. 3). Estas altas poblaciones pueden ser explicadas por

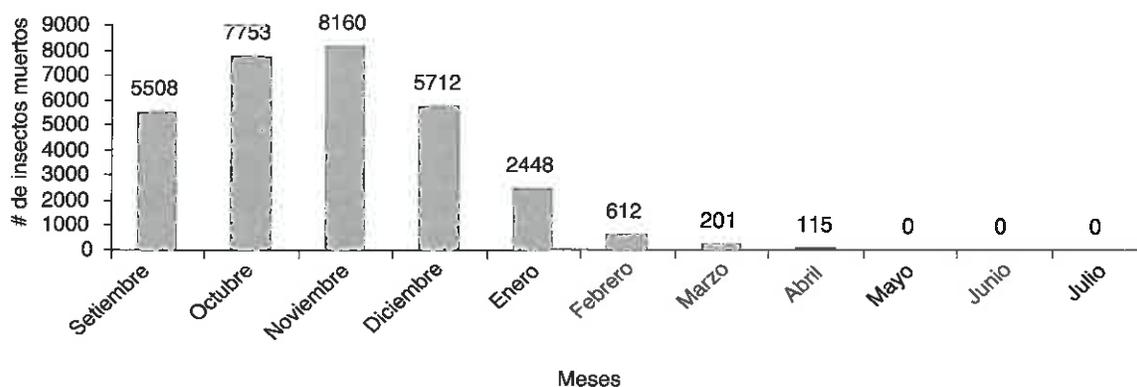


Figura 3. Control de *A. ynca* mediante la aplicación de clorpirifos.

varias razones: de la hoja 3 a la hoja 17 había señales de ataque de la plaga en todas sus partes (base del raquis, la mitad y la extremidad de la hoja), la plantación nunca había recibido ningún tipo de manejo y cerca de la parcela donde se evaluó este método, existen grandes plantaciones de coco gigante atacado por *A. ynca*, que no han recibido ningún tipo de control. Por tanto, es posible que el insecto haya emigrado de esas plantaciones a la plantación donde se realizó el estudio, contribuyendo así al incremento poblacional registrado en esos meses.

A pesar de la eficiencia del control químico de esta plaga, este método no debe constituir la única opción de manejo o principal método de combate por los daños que estos productos causan al ambiente y a la fauna benéfica.

Por tanto, para el manejo de *A. ynca* se recomienda el control preventivo, que consiste en el monitoreo constante de los cocoteros, combinándose determinadas tácticas de manejo, tales como podas, recolec-

ción manual de los picudos y control químico de áreas estratégicas, como los bordes de las plantaciones que colindan con bosques naturales, debido a que en esas circunstancias es común el ataque de *A. ynca* desde el borde hacia el centro de la plantación.

Literatura citada

- Bondar, G. 1940. Insetos nocivos e moléstias do coqueiro (*Cocos nucifera* L.) no Brasil. Salvador, Bahia, Brasil, Instituto Central de Fomento Econômico da Bahia. 160 p.
- Ferreira, JMS; Warwick, DRNE; Siqueira, LA 1994. Cultura do Coqueiro no Brasil. EMBRAPA-SPI, Aracaju. 309 p.
- Moura, JIL; Mariau, D; Delabie, JHC. 1993. Eficiência de *Paratheresia menezesi* Townsend (Diptera: Tachinidae) no controle biológico natural de *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Oléagineux* 48(5):219-223.
- Moura, JIL; Mariau, D; Delabie, JHC. 1994. Stratégie de lutte contre *Amerrihinus ynca* Sahlb. 1823 (Coleoptera: Curculionidae), foreur du rachis foliaire du cocotier (*Cocos nucifera* L.) au Brésil. *Oléagineux* 49(5):222-226.
- Moura, JIL; Vilela, EF. 1996. Pragas do coqueiro e dendezeiro. Viçosa, Brasil, CEPLAC. 73 p.

Hoja TECNICA

No. 42

CATIE



Elementos para el manejo integrado de los picudos (Curculionidae) del palmito

Dennis Alpízar M.¹

Introducción

En los últimos años en Costa Rica se ha incrementado el cultivo de palmito (*Bactris gasipaes* H.B.K). Sin embargo, factores como el bajo precio del producto por la reducción de la demanda en el mercado internacional ocasionaron que no se diera el manejo adecuado a las plantaciones y como resultado, aumentarían los problemas fitosanitarios. Entre las plagas más importantes del cultivo están los picudos *Rhynchophorus palmarum* L. y *Metamasius hemipterus*. (L.) (Coleoptera: Curculionidae).

Aunque se dice que ambos picudos no constituyen un problema importante en palmito porque las espinas que posee la planta evitan el ataque (Mexón 1999), se han observado daños considerables en algunas plantaciones, que inclusive han acabado con las cepas y se han encontrado larvas, pupas y adultos de ambas especies, principalmente de *M. hemipterus* asociadas con los daños (Alpízar *et al.* 1996).

A finales del 2000 e inicios del 2001, las poblaciones de *R. palmarum* se incrementaron en varias fincas de la región Atlántica de Costa Rica, lo cual fue favorecido por un período de sequía más extensa de lo normal. En plantaciones afectadas se han observado hasta cinco larvas por cepa y los daños se estiman en 40% o incluso más, en algunas fincas.

Además, en plantaciones de palmito que mues-

tran daños provocado por estas dos especies de picudos se determinó la presencia de una bacteria, lo cual sugiere que pueda existir una relación entre ambos. Algunos patógenos como *Erwinia* sp., *Pseudomonas* sp., *Fusarium* sp. y *Ceratocystes* sp. se han encontrado en estíletes y extremidades de insectos (Alpízar *et al.* 1997).

Esta hoja técnica propone la implementación de un programa de manejo integrado de plagas (MIP) en las plantaciones de palmito en Costa Rica.

Biología de *M. hemipterus* y *R. palmarum*

Ambos picudos muestran ciclos de vida muy similares. En las figuras 1 y 2 se detallan las fases y duración del ciclo de vida de estos insectos. La oviposición varía con el clima pero *R. palmarum* puede llegar a poner más de 700 huevos en su estado adulto.

R. palmarum puede volar más de 100 m y *M. hemipterus* aproximadamente 30 m. Las poblaciones de las dos especies se incrementan cuando se presentan días secos intercalados con algunas lluvias.

Las larvas son las que más daño causan porque perforan los tallos del palmito en plantaciones con y sin espinas, jóvenes o viejas. Cuando el daño es muy severo se han encontrado hasta 5 larvas por cepa. También los adultos pueden diseminar algunos hongos y bacterias.

¹ Ministerio de Agricultura y Ganadería. Estación Los Diamantes, Guápiles, Costa Rica.

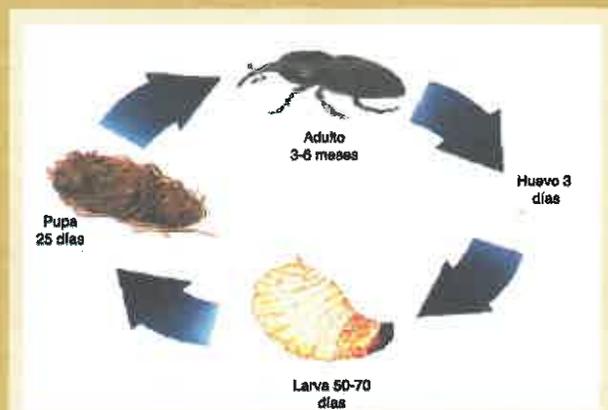


Figura 1. Duración y fases del ciclo de vida de *R. palmarum*.

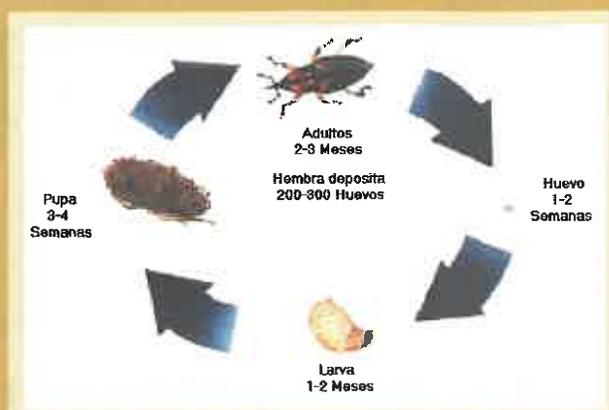


Figura 2. Duración y fases del ciclo de vida de *M. hemipterus*.

Daños ocasionados por picudos en palmito

Entre los daños más importantes causados por *M. hemipterus* y *R. palmarum* están los siguientes:

- Marchitez de la plantación (Fig. 3)
- Decoloración de hojas, de abajo hacia arriba,
- Secado prematuro de los hijos en plantaciones jóvenes
- Perforaciones en la base del tallo, acompañadas de un olor putrefacto.
- Presencia de deshilachado del tallo y capullos
- Presencia de larva y adultos (Fig. 4 y 5).

Manejo integrado de plagas

El programa de manejo integrado de picudos en el cultivo de palmito incluye métodos de control cultural, biológico, etológico y químico, los cuales se detallan en la figura 6.

Uno de los factores más importantes a considerar en el caso del palmito es la gran diversidad de flora y fauna asociada. También éste es un cultivo rústico.

Control biológico

En pejíbaye se han descrito 66 especies de organismos relacionados con la regulación de al menos 27 especies de insectos (69 depredadores (40 especies de araña), 11 parasitoides y 6 agentes entomatógenos (Mexón 1996) Un total de 55 especies son fitófagos, 18 succionadores, 21 masticadores, 7 raspadores de follaje, 1 defoliador, 6 taladradores del tallo y 2 minadores del raquis; de todos éstos, solamente cuatro son considerados de importancia económica (Mexón 1997). Es-

ta relación se presenta en la figura 7. En relación al control biológico este mismo autor señala que en el cultivo de pejíbaye los órdenes de insectos relacionados que están mejor representados por número de familias son: Araneida 30, Diptera 26, Hymenoptera 15, Coleoptera 13 y Lepidoptera 10.

Por esta razón, cualquier alteración causada por el uso inadecuado de plaguicidas o malas prácticas de manejo podrían causar desbalances en la biomasa de este cultivo.

Control etológico

El uso del control etológico (uso de feromonas y atraerentes) ha sido utilizado con éxito en la región atlántica de Costa Rica para el control de ambos picudos (Alpízar *et al.* 1996, 1997, 2002). Este tipo de control es una alternativa confiable, segura y de bajo costo para la mayoría de productores y puede ser empleada como elemento del manejo integrado de plagas en el palmito.

En otros cultivos similares las feromonas también han mostrado ser una alternativa eficaz para el manejo de picudos. Por ejemplo, en palma africana la feromona de agregación para *R. palmarum*, principal transmisor del nemátodo *Bursaphelenchus cocophilus* (*Radinaphelenchus cocophilus*) Cobb causante de la enfermedad "anillo rojo, mejoró mucho la captura del insecto y en consecuencia, disminuyó la población del nemátodo (Bulgarelli *et al.* 1998, Chinchilla *et al.* 1996).

Alpízar *et al.* (2002) en un estudio en plantaciones de palmito de la zona atlántica de Costa Rica, con una



Figura 3. Planta de palmito marchita debido al daño de picudos.



Figura 4. Daño por larva y presencia de larva



Figura 5. Larva de *R. palmarum*.

duración de dos años, determinó que la captura de *M. hemipterus* y *R. palmarum*, utilizando trampas con la feromona de agregación Combolure® fue mayor en plantaciones no deshijadas (Fig. 8). Además estos mismos autores informaron que se redujo el número de hijos afectados por *Erwinia* sp., especialmente después de seis meses de colocadas las trampas (Fig. 9) y disminuyó el número de pupas de ambos picudos lo cual demuestra que la población decreció.

Existen muchos diseños de trampas para utilizar con feromonas, las cuales varían también en costo. En la zona atlántica de Costa Rica se ha utilizado con éxito una trampa que tiene bajo costo y que puede ser preparada por los agricultores. Esta se fabrica con un galón plástico, al cual se le abren dos ventanas laterales y se le colocan trozos de caña de azúcar impregnados con algún insecticida (carbaryl o metomyl) en baja concentración (Fig. 10). La trampa se fija al suelo mediante una estaca de madera.

También en la misma finca donde se implementó el control de estos picudos mediante el uso de la feromona Combolure, se evaluaron otras densidades de trampas/ha pero se determinó una reducción de la población de ambos insectos (Fig. 11).

A pesar de los resultados positivos obtenidos con el uso de feromonas en el manejo de estas plagas, es importante anotar que el uso de estas sustancias y de atrayentes tiene ventajas y desventajas, las cuales se citan a continuación:

Ventajas

No afectan el ambiente
Se utilizan dosis muy bajas

No perjudican la salud

Fácil empleo

No crean resistencia

Bajo costo

Son componentes aceptados en programas MIP y en agricultura orgánica

Desventajas

Son específicas
El éxito de su uso depende del buen mantenimiento de las trampas
Pueden verse afectadas por factores climáticos

Control químico

No se conocen resultados sobre la eficacia del uso de insecticidas para el control de picudos en palmito, ni tampoco sobre la persistencia de algunos productos, especialmente porque este cultivo se cosecha cada 22 - 30

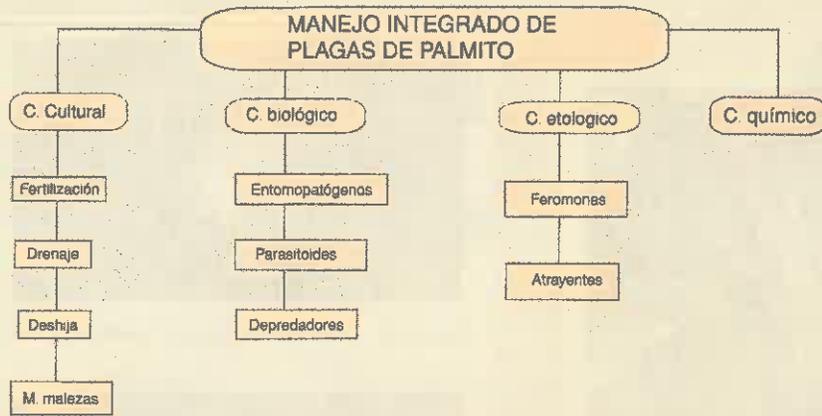


Figura 6. Componentes de un programa de manejo integrado de picudos en el cultivo de palmito.

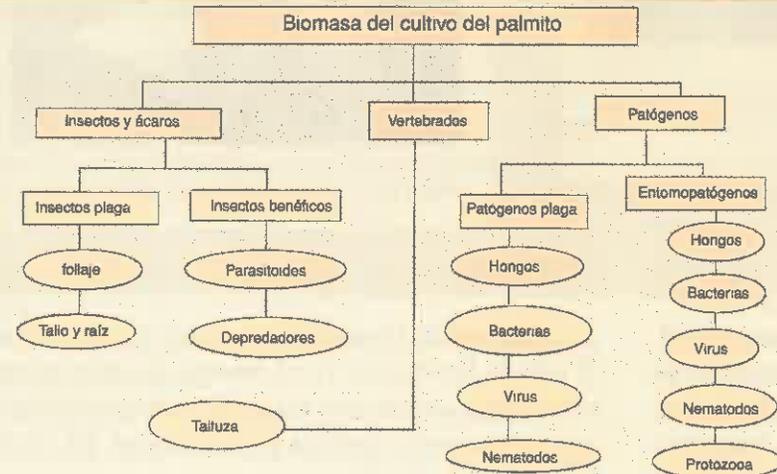


Figura 7. Biomasa de organismos asociados al cultivo de palmito.

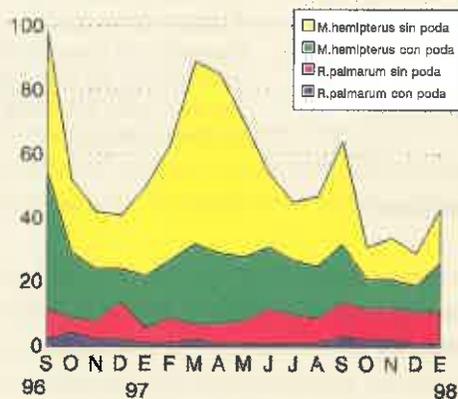


Figura 8. Capturas de *R. palmarum* y *M. hemipterus* en el cultivo de palmito empleando feromona Combolure®, en una finca en Guápiles, Costa Rica. 1996-1998.

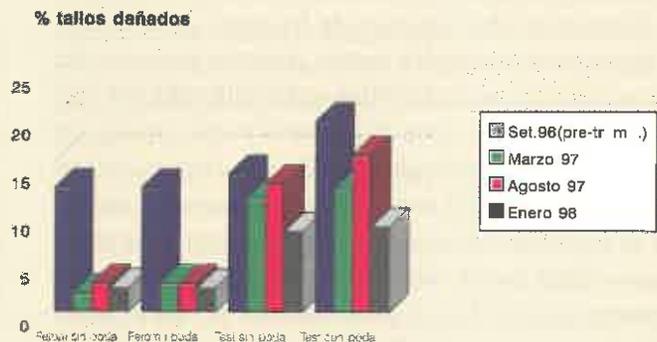


Figura 9. Efecto de la feromona Combolure®, sobre el porcentaje de tallos dañados por *R. palmarum* y *M. hemipterus* en el cultivo de palmito. en una finca en Guápiles, Costa Rica. 1996-1998

días. Un aspecto importante que se debe considerar al decidir el método de control de estas plagas en palmito, es que no se tiene información sobre el efecto de los insecticidas en la fauna benéfica asociada a este cultivo.

También hay que considerar que el control químico

incrementa los costos de producción, y dada la situación de bajos precios del palmito en el mercado internacional, se reduce aún más la rentabilidad del cultivo para el productor. Por tanto, se presentan los costos de varios insecticidas comparándolos con el costo del uso de feromonas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Costos comparativos para control de picudos *R. palmarum* y *M. hemipterus* en el cultivo de palmito en Costa Rica. Marzo 2001.

Nombre comercial	Nombre genérico	Formulación	Grupo	Modo de acción	Dosis/ha	Costo aplicación (US\$)
Vydate	Oxamil	C.S	Carbamatos	S	1	24,73
Lannate	Metomil	C.S		S	1 kg	58,82
Sevin	Carbaril	P.M		S	1 kg	18,57
Lorsban	Clorpirifos	C.E	Organofosf.	C	1 L	12,46
Diazinon	Diazinon	P.M		C	1 kg	3,17
Piretrinas	Varios	C.E	Piretrinas	C	300 cc	7,73
Confidor	Imidacloprid	S.C	cloronicot.	S	150 g	101,39
Regent	fipronil	S.C	Pirazol	S	250 g	84,50
Combolure	rhyngo-metalure	Feromona	Atrayente		4 fer/3 meses*	11,96

* El efecto de esta feromona tiene una duración de tres meses, por lo cual su costo es menor que la aplicación de cualquiera de los insecticidas.



Figura 10. Trampa fabricada con un galón plástico, con dos ventanas laterales y sostenida en una estaca.

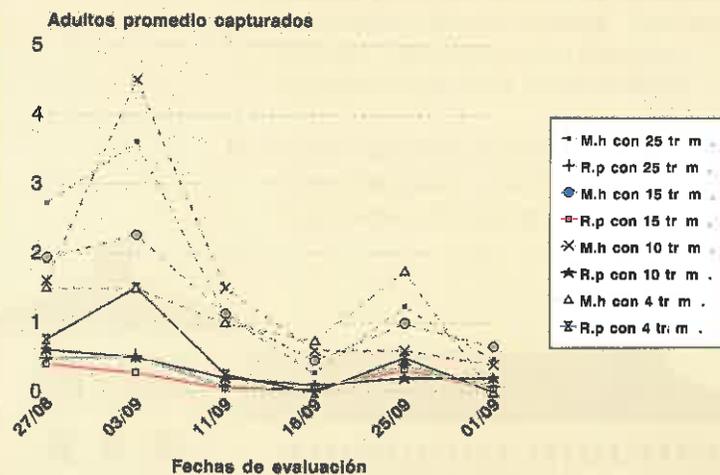


Figura 11. Captura de *M. hemipterus* y *R. palmarum* con diferente número de trampas con feromona Combolure. Guápiles, Costa Rica. 2002.

Literatura consultada

- Alpizar, MD; Fallas, GM; Oehlschlager, C; González, LM. 1996. Eficacia de una feromona empleando tres tipos de trampa para el control de *Metamasius hemipterus* en el cultivo de palmito, en Pococí de Limón. In Congreso Agropecuario y Forestal de Región Atlántica "Ing. Agr. Rodolfo Martín Borges (1, 1996, Guápiles, Costa Rica). Resúmenes. p. 32.
- Alpizar, MD; Fallas, GM; Oehlschlager, C; González, LM. 1997. Efecto de una feromona de agregación combinada para *Rhynchophorus palmarum* y *Metamasius hemipterus* sobre la incidencia de bacterias, hongos y sobre algunas variables de producción en el cultivo de palmito, Guápiles, Limón. In Congreso Costarricense de Entomología (IV, 1997, San José, Costa Rica). Resúmenes. p. 58.
- Alpizar, MD; Fallas, GM; Oehlschlager, C; González, LM; Chinchilla, CM; Bulgarelli, J. 2002. Pheromone mass trapping of the West Indian sugarcane weevil and the american palm weevil (Coleoptera: Curculionidae) in palmito palm. Florida Entomologist 85(3):426-430.
- Bulgarelli, J; Chinchilla, C; Oehlschlager, C. 1998. Incidencia del anillo rojo/hoja pequeña y población de *Metamasius hemipterus* en palma aceitera en Costa Rica. ASD Oil Palm papers, N° 18,17-24.
- Chinchilla, C; Oehlschlager, C; Bulgarelli, J. 1996. Un sistema de trapeo para *Rhynchophorus palmarum* y *Metamasius hemipterus* basado en el uso de feromonas. ASD Oil Palm papers. N°12,11-17.
- Mexón, RG. 1996. El control natural de los insectos perjudiciales en el cultivo del pejibaye (*Bactris gasipes* H.B.K). In Congreso Agropecuario y Forestal de Región Atlántica "Ing. Rodolfo Martín Borges (1, 1996, Guápiles, Costa Rica). Resúmenes. p. 33.
- Mexón, RG. 1997. Artrópodo-fauna en el cultivo de pejiballe (*Bactris gasipes*) en Costa Rica. In Congreso Costarricense de Entomología (IV, 1997, San José, Costa Rica). Resúmenes. p. 22.
- Mexón, RG. 1999. Manejo integrado de los artrópodos perjudiciales. In Palmito de pejibaye (*Bactris gasipes* K): su cultivo e industrialización. Editorial Universidad de Costa Rica. p. 138-146.

Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación

Escuela de Posgrado

Más de medio siglo al servicio del desarrollo agrícola,
de los recursos naturales y el bienestar rural de América Latina y el Caribe

Doctorado conjunto (Ph.D.) en:

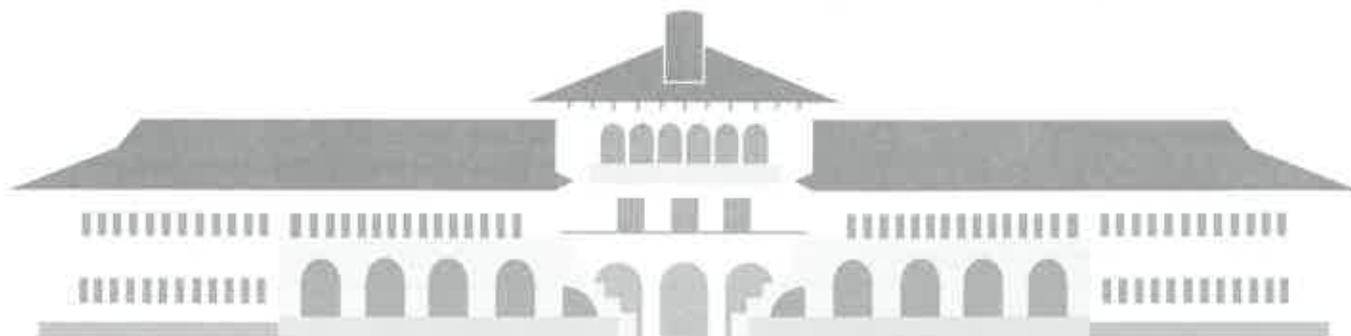
- I. Ciencias Forestales Tropicales**
- II. Agroforestería Tropical**

Universidades asociadas al CATIE:

- Universidad Estatal de Colorado (Fort Collins-EUA)
- Universidad Estatal de Louisiana (EUA)
- Universidad Texas A & M (EUA)
- Universidad de Florida (Gainesville - Florida - EUA)
- Universidad de Freiburg (Alemania)
- Universidad de Gottingen (Alemania)
- Universidad de Gales (Reino Unido)

Maestría (M.Sc.) en:

- I. Agricultura Ecológica, con énfasis en:**
 - Recursos Fitogenéticos y Biotecnología.
 - Manejo Integrado de Plagas.
- II. Agroforestería Tropical, ofrece oportunidad para profundizar en:**
 - Sistemas agroforestales con cultivos perennes;
 - Sistemas agroforestales con cultivos anuales y
 - Sistemas silvopastoriles para pasturas degradadas
- III. Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad, con énfasis en:**
 - Manejo y Silvicultura de Bosques.
 - Conservación de la Biodiversidad.
- IV. Socioeconomía Ambiental, con énfasis en:**
 - Administración y Gerencia Ambiental.
 - Economía y Sociología Ambiental.



Producir conservando, conservar produciendo®

Solicite información a:

Escuela de Posgrado / CATIE, 7170, Turrialba, Costa Rica Tel. (506) 556 1016/6431 Fax (506) 556 0914/1533
Correo electrónico: posgrado@catie.ac.cr Internet: <http://www.catie.ac.cr>



MOSCA BLANCA AL DIA

Coordinador: Luko Hilje
(lhilje@catie.ac.cr)

No. 40

Setiembre, 2002



Nota editorial

Con profunda tristeza y pesar, comunicamos por esta vía la suspensión del *XI Taller Iberoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus*, que se efectuaría en Barquisimeto, Venezuela, del 26 al 29 de noviembre. A pesar de los denodados esfuerzos del Dr. Jorge Salas, así como de los demás miembros del Comité Organizador, la respuesta fue muy débil, tanto en el plano nacional como el internacional, lo cual obligó a su cancelación. No obstante, este desventurado hecho es propicio para reflexionar sobre lo que está sucediendo en el continente en relación con el manejo del complejo mosca blanca-geminivirus.

En realidad, en años recientes hemos percibido desidia en cuanto a este asunto, tanto en los sectores oficiales de nuestros países, como en los agricultores. De hecho, la validación y transferencia de tecnologías de MIP han perdido fuerza, quizás porque se percibe que la crisis ya fue superada, gracias a la disponibilidad de insecticidas eficaces.

Pero, como hemos insistido varias veces desde estas páginas, esta situación podría ser una "bomba de tiempo" pues, como lo sugieren algunas evidencias en otros países, *Bemisia tabaci* podría desarrollar resistencia a estos productos. Asimismo, tanto los dos componentes del complejo *B. tabaci*-geminivirus como sus interacciones, son dinámicos y están en continua evolución, originando situaciones nuevas, que podrían ser de muy difícil manejo. Ejemplos ilustrativos de esto son la inusitada aparición de una geminivrosis muy agresiva en melón en Zacapa (Guatemala) a inicios de 2001, que destruyó más de 1000 ha del cultivo; la afección de parcelas de maracuyá en Bahía (Brasil) en 2001, también por un geminivirus (como se informó en *MBDía* 39); y la nueva y severa virosis detectada en varios miles de hectáreas de melón en Río Grande do Norte y Ceará (Brasil) (como se informa es este *MBDía*).

Comprendemos bien las dificultades financieras para apoyar los esfuerzos de un *Plan de Acción* como el que coordinamos, pero bien cabe recordar que, a la larga, siempre será menos oneroso prevenir que curar. Y la mejor manera de estar prevenido es estar bien informado, que es el propósito principal de los talleres anuales que organizamos como parte fundamental del *Plan de Acción*. Sirva entonces esta reflexión para alertar a las personas e instituciones pertinentes a no bajar la guardia en esta lucha, para beneficio de los agricultores de nuestro continente.



Epidemia viral en melón

En Brasil, la principal área productora de melón se ubica en el noreste del país, en los estados de Río Grande do Norte y Ceará. El melón comúnmente se siembra en fincas pequeñas (ca. 2 ha), aunque algunas compañías lo hacen en grandes áreas, a menudo adyacentes a las primeras. Por tanto, a veces aparecen áreas de hasta 100 ha en una sola zona. El área total sembrada es de unas 6000 ha.

En esta área, hasta 1997 no se habían reportado infestaciones de *Bemisia tabaci* en melón, sino tan solo a unos 700 km al sur, en Petrolina (Pernambuco), donde el biotipo B causó problemas serios en tomate y otros cultivos en 1995. A partir de entonces, las infestaciones fueron descomunales en la mayoría de las zonas productoras, lo cual provocó daños directos por succión de savia, o indirectos debidos a fumagina sobre las hojas y frutos. Inicialmente se recurrió al uso de insecticidas, pero luego se desarrolló un programa de manejo integrado de plagas (MIP) y se capacitó a los agricultores. Se implementaron la supervisión y el muestreo y se establecieron las siembras según la dirección del viento (es decir, las parcelas se plantaron escalonadas, de último en las partes de la finca más expuestas al viento). Así se logró reducir rápidamente el uso de insecticidas, a pesar de la presencia de la plaga.

Sin embargo, durante las temporadas de 1999 y 2000, en las hojas maduras de plantas infestadas por *B. tabaci* se observaron tonalidades amarillas intensas (Fig. 1) en todas las áreas meloneras (Fig. 2). Las hojas jóvenes permanecían asintomáticas, mientras que las de edad intermedia mostraban un mosaico amarillo. Inicialmente, los agricultores pensaron que se trataba de una deficiencia nutricional, pero al aplicar fertilizantes la situación no mejoró. La producción (número de frutos) no era afectada si los síntomas aparecían unos días después de la siembra (post-floración), aunque el contenido de azúcares decrecía dramáticamente. Por tanto, la producción fue cualitativamente inferior y los frutos no podían comercializarse.

Se efectuaron estudios para confirmar si se trataba de una nueva enfermedad asociada con las altas poblaciones de *B. tabaci* (biotipo B). Estudios preliminares, relatados en la *35 Reunión Anual de la Sociedad de Fitopatología Brasileña* (Recife, Pernambuco, agosto 2002) indicaron que podría tratarse de un virus. Posteriormente se ha avanzado, y un primer análisis mole-



Figura 1. Plantas con síntomas de virosis.



Figura 2. Campo de melón afectado por virosis.

cular ha conducido a la evidencia de que se trata de un virus perteneciente a la familia Closteroviridae, del género *Crinivirus*. No obstante, esta información debe tomarse con mucha cautela, ya que están pendientes varios análisis que podrían revelar la presencia de otros tipos de virus. Cabe indicar que otras cucurbitáceas nativas y comerciales parecen ser hospedantes de este agente etiológico.

A pesar de este serio problema y de los aspectos pertinentes a la comercialización, los productores desean continuar trabajando con programas de MIP. Sin embargo, los umbrales de acción ameritan revisarse. La necesidad de contar con esquemas de producción integrada de fruta para la comercialización en los mercados internacionales implica reglas muy estrictas, incluyendo el uso restringido de plaguicidas. Es por ello que los investigadores, extensionistas y productores deben mantenerse trabajando juntos, para desarrollar herramientas y tácticas adecuadas para el manejo de este nuevo problema, tanto en términos ecológicos como económicos.

(Información aportada por el Dr. Odair A. Fernandes, del

Departamento de Fitossanidade, FCAV/UNESP, Jaboticabal, Sao Paulo, oaferman@fcav.unesp.br, y del Dr. Antonio Carlos de Ávila, de Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, Brasil)



Congreso
mundial

Como se ha informado en *MBDía* previos, el *Bemisia Workshop 2003* se efectuará en Barcelona (España), del 17 al 20 de marzo de 2003. Su principal objetivo será discutir los hallazgos más recientes en cuanto a la bioecología y manejo de las moscas blancas. Por este medio comunicamos que se amplió hasta el 17 de noviembre la fecha límite para la inscripción y para presentar trabajos. **Contactos:** www.irta.es/bemisia2003 y bemisia200@otac.com **Coordinadoras:** Dra. Rosa Gabarra (Rosa.Gabarra@irta.es) y Dra. Cristina Castañé (Cristina.Castane@irta.es).

ESTE BOLETIN ESTA DISPONIBLE POR CORREO ELECTRONICO,
YA SEA DENTRO DE LA REVISTA *MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS Y AGROECOLOGIA*,
O EN LAS SIGUIENTE DIRECCION:
<http://www.catie.ac.cr/moscablanca>

CATIE Centro Agronómico Tropical
de Investigación y Enseñanza

PLAGAS FORESTALES NEOTROPICALES



Jorge Macías (jmacias@tap-ecosur.edu.mx)

Marcela Arguedas (marguedas@itcr.ac.cr)

José Cola Zanuncio (zanuncio@mail.ufv.br)

Luko Hilje (lhilje@catie.ac.cr)

EDITORES

No. 7

Setiembre, 2002

NOTA EDITORIAL

Como notarán los lectores, a partir de este número se nos ha unido como coeditor el Dr. José Cola Zanuncio, reconocido entomólogo forestal de la Universidad Federal de Viçosa, en Brasil. Con ello no solo alcanzamos una amplia cobertura editorial, que se extiende desde México hasta Brasil, sino que también se enriquece la calidad de la información difundida aquí. Por tanto, solamente nos falta un ingrediente: su aporte de información, que es la base para que este boletín sea una verdadera herramienta de trabajo para quienes tenemos el compromiso ético de apoyar a los productores forestales de nuestro continente. ¡Esperamos su valiosa colaboración!

¡ALERTA CON LOS CUERNOS LARGOS!

En los dos últimos años, al menos dos especies de Cerambycidae se han convertido en un problema en cafetales con sombra, y sobre todo en aquellos poco diversos en especies de árboles de sombra.

Neoclytus cacticus Chevrolat ha dañado fuertemente plantas de café en Huehuetenango, Guatemala, así como en Colima, México. Si bien el insecto *per se* no mata muchas plantas, sí afecta mucho el sostén de éstas, por lo que se quiebran fácilmente. En Guatemala se contaron hasta 10 larvas de este insecto en plantas de 1,5 m de altura y diámetros de <4 cm. Hasta el año 2000 no había reportes de este tipo de daño en café, pues apenas había información taxonómica y el reporte de que emerge de la madera de cedro rojo (*Cedrela odorata*) y del guayabo volador (*Terminalia* sp.).

Por su parte, *Oncideres* sp. daña severamente plantas jóvenes y árboles de chalum (*Inga* sp.), que es el principal

árbol de sombra del café en Chiapas, México. Su daño no es tan importante en árboles con muchas ramas, pero sí en plántulas utilizadas para reemplazar el arbolado viejo, puesto que el hábito de trozar ramas provoca la muerte de las puntas y, ocasionalmente, de plantas completas. En la literatura se reportan varios hospedantes de las especies de este género.

En realidad, no es común observar este tipo y frecuencia de daño en Cerambycidae. Se ha hipotetizado que estos insectos han ido perdiendo sus hábitats naturales en las selvas bajas y altas, ahora reemplazadas por cafetales, por lo que son presionados a buscar nuevos hospedantes, sin importar que gran parte de su prole se malogre, como pareciera ser el caso de *N. cacticus*. **Contacto:** Jorge Macías.

QUEMAS POR HONGOS

Durante los últimos tres años, en plantaciones jóvenes de jaúil (*Alnus acuminata*) y teca (*Tectona grandis*) en Costa Rica, ha habido brotes epidémicos causados por *Phomopsis* sp. (Deuteromycotina, Coelomycetes).

En ambas especies las infecciones aparecen en los períodos de mayor precipitación. Los picnidios, que son las estructuras reproductivas del hongo, son grises o negros, con un diámetro de unos 400 µm. Se desarrollan en las partes afectadas de los meristemos, tallo, pecíolos y nervaduras. Inicialmente aparecen bajo la cutícula de los tejidos enfermos, pero conforme maduran salen a la superficie por resquebrajaduras de los tejidos. Si las condiciones ambientales son favorables (humedad relativa y temperaturas altas) de los picnidios emergen masas de conidias amarillo claro o crema. A continuación se describe la sintomatología específica en cada una de estas especies.

Alnus acuminata. Se ha observado en arbolitos de 6 a 12 meses de edad. La infección se inicia en los meristemos apicales y laterales, provocando una quema pardo-negruzca. Las hojas maduras son resistentes al hongo. En muchos casos el hongo avanza hacia las ramillas y el tallo, donde inicialmente se observan áreas amarillentas y hundidas, las cuales colapsan entre sí produciendo áreas extensivas de corteza necrosadas, las cuales anillan el hospedante y hasta pueden producir su muerte.

Tectona grandis. En las plantaciones se ha observado en focos de hasta 50 árboles de 6-24 meses de edad. La infección comienza en el meristemo apical, cuyas hojas inmaduras se tornan pardo oscuro, y después se desvanece. Aparentemente, en menos de cinco días el hongo desciende por los tejidos corticales del tallo, los cuales inicialmente adquieren una coloración pardo morada, que luego se torna negra. Para árboles enfermos menores de 12 meses, muchos reforestadores cortan toda la parte afectada, realizan aspersiones con fungicidas, y posteriormente manejan los rebrotes que crecen en el tocón, ya que *T. grandis* tiene una gran capacidad de rebrote. En árboles mayores de 12 meses, la sintomatología es similar, pero el proceso infeccioso y la dispersión son mucho más lentos; además, las infecciones y la coloración negra se observan también en los pecíolos y en las nervaduras primaria y secundarias de las hojas jóvenes. **Contacto:** Marcela Arguedas.

EVENTO CONJUNTO

En setiembre de 2003 se realizará, por primera vez de manera conjunta, el *54 Annual Meeting of the Western Forest Insect Work Conference* y el *XI Simposio Nacional Sobre Parasitología Forestal*. El primer evento se realiza anualmente en Canadá y EE.UU. y siempre se había querido hacer en México. El segundo evento tiene una periodicidad bianual y el anterior, realizado en Tapachula, México, tuvo muy buena participación de varios países de América Central. La organización del evento conjunto está a cargo de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) de México y la Universidad de Guadalajara. **Contacto:** Jorge Macías

NUEVAS PUBLICACIONES

- *Protection of World Forests from Insect Pests: Advances in Research. Papers presented at XXI IUFRO World Congress, 7-12, August, 2000, Kuala Lumpur, Malaysia. IUFRO World Series Vol. 11.*

- *Wadsworth, F.H. 2000. Producción forestal para América tropical. USDA, Servicio Forestal, Manual de Agricultura 710-S.*

AFICHE PLAGAS DE TECA

Recientemente, y en respuesta a la demanda de numerosas empresas que siembran teca (especialmente de aquellas que son certificadas), se publicó el afiche adjunto, que mide 60 x 86 cm. Como se observa, contiene ilustraciones a todo color de los principales insectos y patógenos que afectan a la teca (*Tectona grandis*) en América Central, y recoge la experiencia pertinente generada en el Instituto Tecnológico de Costa Rica. Aunque fue concebido dentro de una estrategia preventiva de capacitación, orientada al personal de campo de estas empresas, la naturaleza de la información que contiene permite aprovecharlo en otras instancias y actividades. Su precio es de 10 000 colones (US\$ 30). **Contactos:** Marcela Arguedas, o Laboratorio de Protección Forestal, ITCR (Xinia Cerdas o William Morales, 506-550-2441 o 506-550-2266).



POR FAVOR, DISTRIBUYA ESTE BOLETÍN A TODOS LOS INTERESADOS QUE CONOZCA



Control Biológico de Malezas

Vera Sánchez Garita, Coordinadora
(sanchezv@catie.ac.cr)

No. 2

Setiembre, 2002

DESARROLLO DE HERBICIDAS BIOLÓGICOS

El control biológico de malezas mediante el uso de patógenos se inició a finales de los años 70 e inicios de los 80. Desde esa época, en los Estados Unidos, la investigación y desarrollo en este campo ha sido realizada principalmente como un esfuerzo cooperativo de científicos de varias instituciones como universidades, el Departamento de Agricultura (USDA), el Servicio de Educación, y Extensión (CSREES), la industria y productores. Se han desarrollado varios proyectos para evaluar patógenos con potencial para el control biológico de malezas de importancia económica. Esos proyectos han permitido la evaluación de casi dos docenas de patógenos con potencial como herbicidas biológicos. También esos proyectos han ayudado a desarrollar modelos epidemiológicos y de análisis de riesgo para entender el mecanismo de acción y aspectos de seguridad de patógenos registrados y comercializados como herbicidas biológicos. Entre estos productos el *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *aeschynomene* (Collego®) para el control de *Aeschynomene virginica* y *Phytophthora palmivora* (DeVine®) para el control de *Morrenia odorata* se están usando en Florida. El objetivo de estos proyectos es conocer algunos aspectos de la genética de esos hongos e integrarlo en la producción de arroz y cítricos.

Mayor información en el portal del Southern Association of Agricultural Experiment Station Directors.
<http://www.msstate.edu/org/saaesd/saaesd.htm>

CONTROL BIOLÓGICO DE *Cyperus rotundus* Y *Amaranthus* spp.

La Universidad de Florida ha venido trabajando en el control biológico de dos malezas que causan serios daños en muchos cultivos de importancia económica en casi todas las zonas agrícolas del mundo. El coyolillo (*Cyperus rotundus*) es quizás la maleza más importante y destructiva y se encuentra en todas las regiones, excepto en zonas desérticas y polares. *Amaranthus* spp. también limita la producción de muchos cultivos y tiene una amplia distribución.

Tradicionalmente ambas malezas se han controlado mediante el uso de productos sintéticos, pero esto ocasiona daños al ambiente y afecta la salud de los productores y consumidores, además de que aumenta los costos de producción. El uso de agentes de control biológico constituye una alternativa al uso de herbicidas sintéticos, y es especialmente importante en sistemas agrícolas orgánicos o ecológicos, así como en situaciones en que no hay herbicidas selectivos disponibles.

Convencionalmente, el control biológico de malezas se ha realizado mediante insectos que se alimentan de la especie a controlar. Sin embargo, investigadores de la Universidad de Florida han trabajado en el control biológico de estas malezas mediante patógenos, específicamente dos hongos. Los microorganismos seleccionados son *Phomopsis amaranthicola* para el control de *Amaranthus* spp., y *Dactylaria higginsii* para el control de *C. rotundus*. Ambos patógenos no dañan

los cultivos y cada uno ataca solo un grupo específico de malezas. Además no representan un peligro para los humanos ni para los animales.

Erin Rosskopf, del ARS, Departamento de Agricultura de EE.UU. y Jugah Kadir, de la Universidad de Putra, Malasia, durante sus estudios de posgrado en la Universidad de Florida, descubrieron los patógenos y documentaron su potencial para el control biológico. Además desarrollaron métodos para su reproducción en condiciones de laboratorio, y evaluaron su viabilidad como herbicida biológico.

En los últimos años, y como parte de un proyecto de control biológico de estas malezas desarrollado en Florida, República Dominicana y Puerto Rico, se ha evaluado la concentración de estos hongos, el tiempo de aplicación, y el uso de aditivos, aspectos importante para mejorar la eficacia del control mediante estos agentes.

PUBLICACIONES

Mason, PG; Huber, JT. Eds. 2001. Biological control programmes in Canada, 1981-2000. CABI Publishing, Wallingford, UK. 583 p. ISBN 0851995276.

Presenta un resumen de prácticamente todos los proyectos de control biológico realizados en Canadá durante los últimos 20 años, incluyendo 25 capítulos sobre distintas especies de malezas. Para más información o para solicitudes, visite el sitio http://cabi-publishing.org/Bookshop/book_detail.asp?sbn=0851995276

SITIOS EN INTERNET

El Departamento de Entomología y Nematología de la Universidad de la Florida ha desarrollado un sitio

en internet con información sobre los programas de control biológico de malezas, artrópodos plagas, y manejo integrado de plagas en general, que se llevan a cabo en Florida. Este sitio contiene información detallada y actualizada sobre los programas más relevantes, algunos inclusive con fotos. También provee enlaces a muchos otros programas de control biológico a nivel mundial. La dirección de este sitio es:

<http://biocontrol.ifas.ufl.edu>.

Para información sobre taxonomía de insectos:

www.insectariumvirtual.com/termitero/nicaragua/MEL%20HOME%20%PAGE.htm (Home page)

www.museum.unl.edu/research/entomology/database2/honduintro.htm (Scarabaeidae)

www.windsofkansas.com/nicaragua.html (Ondonata)

www.geocities.com/krislinde/pdf/JMMAES.pdf (bibliografía)

PROXIMOS EVENTOS

16 -28 Marzo 2003

7º Curso de Control Biológico de Malezas Tropicales

Información:

Sally Brown (Course Co-ordinator).

Po Box 108 Kenmore, Brisbane, Queensland 4069 Australia.

Tel: +61 7 3201 2808

Fax: +61 7 3201 2809

sally.brown@uq.net.au

27 Abril -2 Mayo 2003

XI Simposio en Control Biológico de Malezas

Información:

CSIRO Entomology, GPO Box 1700, Canberra ACT 2601 Australia

Tel. 61 (2) 6246 4001

Fax: + 61 (2) 6246 4177

sharon.corey@csiro.au

<http://www.ento.csiro.au/weeds2003/>

ESTE BOLETIN PUEDE SER REPRODUCIDO Y DISTRIBUIDO A PERSONAS INTERESADAS

CATIE Centro Agronómico Tropical
de Investigación y Enseñanza



Control de calidad de los insecticidas microbianos

Orietta Fenández-Larrea Vega¹

Introducción

La calidad se define como un conjunto de propiedades y características de un producto o servicio que lo hacen apto para satisfacer las necesidades para lo cual fue creado.

El control de calidad ha evolucionado con los años; a principios de siglo el capataz controlaba el trabajo del obrero, mientras que en la actualidad se han implementado sistemas de control de calidad que permiten la certificación de productos y procesos avalando la calidad total.

Un plaguicida biológico, al igual que cualquier otro producto debe cumplir con un proceso de control de calidad. La calidad de un insecticida microbiano puede regirse por las normas para la producción de entomófagos establecidas en la Reunión del Grupo Activo de Control de Calidad de la Organización Internacional de Control Biológico, celebrada en Dinamarca en 1992. Los tres tipos de control de calidad establecidos en esa reunión fueron:

- Control de la producción: seguimiento de la ejecución de todas las operaciones, procedimientos, equipos y condiciones ambientales de producción con el objetivo de mantener el rendimiento.
- Control de proceso: seguimiento de la calidad del producto no terminado, como la detección de contaminantes.
- Control del producto: seguimiento de la calidad del producto final.

Control de calidad de insecticidas microbianos

La cantidad de un insecticida microbiano requerido para lograr el control de una plaga depende de la susceptibilidad de la plaga y de la potencia del producto. En los plaguicidas sintéticos, la potencia del producto es equivalente a la cantidad de ingrediente activo, pero en el caso de los insecticidas microbianos, se necesitan otros métodos para estimar su potencia.

En este aspecto, el primer paso fue establecer un criterio de estandarización sobre las unidades más apropiadas para medir el potencial insecticida microbiano.

En los inicios de la producción comercial de plaguicidas biológicos, el conteo de microorganismos viables constituía el único criterio, y se asumía que en el caso de la producción de toxinas, esta debía ser estable. Posteriormente, se demostró que esto resultaba un error y se consideró que la potencia hay que analizarla referida a su acción biológica. En la calidad del producto final se analizan la cantidad de esporas, conidios o unidades infectivas, la viabilidad, la virulencia y la pureza.

Concentración de unidades infectivas

Para determinar la concentración de unidades infectivas presentes en el producto se realiza un conteo directo, para lo cual se emplean diferentes métodos.

- Conteo en cámara: se realiza usando un microscopio óptico y resulta un método muy eficaz, especialmente, cuando no es necesario usar el lente de inmersión. En este caso, el uso del contraste de fases facilita la visualización de las estructuras.
- Conteo de partículas en preparaciones teñidas fijas: es útil cuando se debe encontrar más de un tipo de partículas o cuando se necesita aceite de inmersión. Se coloca una gota de volumen conocido (0,01 ml) y se extiende en un área de 1 cm². La película formada por la gota se seca, fija y tiñe, y se cuentan las partículas contenidas en el área marcada.
- Conteo electrónico: en este tipo de conteo se utiliza el equipo llamado "Coulter counter"; no obstante, es un equipo caro y su uso se justifica únicamente en la producción industrial. Se requieren cultivos puros porque el equipo cuenta las partículas de un tamaño determinado
- Conteo al microscopio electrónico: generalmente este método se utiliza con virus.

¹ Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. La Habana, Cuba. ofllarea@inisav.cu

Conteo de organismos viables

Se realiza a partir de diluciones seriadas de una suspensión de esporas o conidios, la cual posteriormente se siembran en cajas de Petri con agar. La siembra puede ser superficial o a profundidad. En el primer caso, la siembra se hace sobre el agar solidificado, añadiendo 0,1 ml de la suspensión, la cual se disemina con una espátula de "Drygalsky" estéril. Para el segundo caso se coloca 1 ml de la suspensión en el fondo de una placa estéril, a la cual se le agrega 10 ml del agar fundido y enfriado a 45 °C, se homogeneiza con cuidado y se deja hasta que el agar se solidifique.

Para ambos métodos se realiza la incubación a la temperatura y tiempo establecido para el microorganismo utilizado y se procede a contar las colonias. Se deben contar un mínimo de 400 colonias para minimizar el error.

Análisis serológico

En el caso de *Bacillus thuringiensis*, este análisis se puede realizar mediante una reacción específica con antisuero del cristal tóxico, lo cual permite determinar la cantidad de toxina presente. En este caso el método resulta seguro y reproducible y se deben utilizar suspensiones puras de esporas y cristales. En algunos casos este análisis también permite conocer la especificidad según el tipo de cristal.

Bioensayo

De todos los aspectos que deben considerarse para la certificación de la calidad de un plaguicida biológico, el bioensayo es el más importante. Este puede resultar un proceso laborioso y costoso pero hasta el momento, es la única forma segura de validar la calidad de un producto. Se han realizado muchos esfuerzos para encontrar marcadores indirectos que permitan obviar estas pruebas; sin embargo, ninguna a dado resultados exactos y en todos los casos, ha sido necesario corroborarlos con el bioensayo correspondiente.

Otro aspecto importante es la estandarización de estas pruebas, para lo cual es necesario considerar el mecanismo de acción del microorganismo sobre el objeto de control. Es muy importante seleccionar el objeto específico que se pretende controlar con el producto, así como las condiciones en la que se va a realizar la prueba.

La preparación de las muestras a evaluar, así como el análisis a que se van a someter influyen en los

resultados obtenidos. El método debe ser lo más sencillo posible, pero sobre todo fácil de replicar.

Los patrones o estándares de referencia deben estar bien conservados y su verificación es una premisa para la validación de las producciones.

Debido a la diversidad y variabilidad en el espectro de acción de los microorganismos utilizados para estos fines, e incluso de la especificidad de algunos de ellos sobre determinadas especies, es necesario tener insectos patrones para cada tipo de microorganismo y en algunos casos, también para diferentes cepas.

Los aspectos que se deben considerar en un bioensayo son: el mecanismo de acción del plaguicida biológico, el insecto u organismo objeto, la preparación de la muestra, el análisis de los resultados, la facilidad para replicar la prueba, la conservación y verificación de los patrones y el análisis de los resultados.

El bioensayo consiste en aplicar una dosis conocida del insecticida biológico sobre un número de insectos y medir su efecto, el cual comúnmente consiste en la muerte de éstos y el resultado se expresa como porcentaje de mortalidad. Se ha discutido la posible consideración de otros efectos como el tiempo en que demoran los insectos en morir, pero estos resultan más difíciles de interpretar.

Al evaluar un ámbito de dosis se obtiene suficiente información sobre la mortalidad y se puede determinar la dosis letal media, así como la potencia del preparado, a partir de la comparación con un patrón conocido.

Controles de calidad durante los procesos

Como ya se ha mencionado, la calidad no sólo se refiere al producto final, también es necesario conocer el comportamiento de los diferentes parámetros durante el proceso.

El control de calidad comienza con la cepa e incluye las cepas de mantenimiento y la de producción. Para ambas hay que establecer métodos de conservación y mantenimiento. En el primer caso, es necesario garantizar la estabilidad por tiempos prolongados y entre los métodos más usados están la liofilización, suelo estéril y agar semisólido. Las cepas de trabajo se mantienen en cultivos con agar, empleando medios específicos para cada microorganismo. Estos cultivos se deben mantener en refrigeración, a temperaturas entre 4 y 10 °C.

En las cepas de producción se deben evitar los pases o reactivación sucesiva porque se puede perder la virulencia. Un método que se usa frecuentemente pa-

ra reactivar la acción insecticida de las cepas es el paso por el insecto a que está dirigido el control, desde el cual posteriormente se aísla nuevamente la cepa. En este caso debe verificarse su pureza y las características principales que la identifican, y por supuesto el restablecimiento de su actividad biológica.

El control de la pureza y la actividad biológica de las cepas debe realizarse con la frecuencia necesaria para garantizar que mantenga las condiciones por las cuales ha sido seleccionada.

La preparación del inóculo es uno de los pasos más importantes y su pureza debe corroborarse así como la concentración de células/ml y la viabilidad.

Antes de la inoculación de los medios de cultivos, independientemente del método de producción empleado, deben verificarse las condiciones de esterilidad, no sólo mediante observación visual, o al microscopio, sino mediante la siembra de una alícuota en medio nutritivo con agar. En el caso de la producción artesanal de plaguicidas biológicos, en los cuales se emplean varios contenedores, se toma una muestra representativa (2-5 %) del lote, o sea de los frascos que se preparan y esterilizan cada día.

Como norma de seguridad debe dejarse un frasco sin inocular, el cual se incuba en las mismas condiciones que se va a realizar la reproducción de los inoculados y se observa si hay presencia de algunos contaminantes.

Si la producción se realiza en equipos fermentadores, las muestras se toman antes de la inoculación y se someten a los mismos análisis. Es conveniente colocar la muestra de control en condiciones de agitación en una zaranda y al final de la fermentación comparar ambos resultados.

Durante el proceso, y dependiendo del método de reproducción, se establece un programa de muestras. Las muestras se observan al microscopio óptico, se determina el pH y se realizan los análisis químicos para determinar la calidad. En caso de que se determina que no cumple los parámetros establecidos, se detiene la producción, lo cual evita pérdidas mayores.

Materias primas

No en todos los casos se dispone de materias primas certificadas, por lo cual cada nuevo lote debe ser sometido a un análisis físico y químico. Además durante el almacenamiento debe considerarse la temperatura, las condiciones y el tiempo en que pueden ser almace-

nadas las materias primas sin detrimento de su calidad. Cada tipo de producción debe seguir normas y regulaciones que garanticen la calidad de procesos y productos. En estas normas se exponen los parámetros considerados para la calidad, así como las medidas a tomar cuando no se cumplen esas normas.

Control de la calidad de producción de plaguicidas biológicos en Cuba

El registro junto con las normas y procedimientos para el control de la calidad de los procesos de producción y producto final constituyen la garantía para la validación de los plaguicidas biológicos.

La supervisión se realiza mediante procedimientos establecidos en las Normas y Programas Estatales, las cuales incluyen las técnicas que deben emplearse en cada caso y el procedimiento a seguir.

La revisión sistemática de estos controles la realiza el Sistema Estatal de Sanidad Vegetal. El Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV) garantiza la entrega de cepas certificadas y controla la calidad de los productos mediante un programa de recepción de muestras y visitas periódicas a los Laboratorios Provinciales de Sanidad Vegetal. Los laboratorios a su vez controlan y supervisan directamente a los centros productores, tanto biolaboratorios como plantas de producción. El no cumplimiento de las normas es sancionado por la Dirección General de la Sanidad Vegetal, lo cual puede llevar al cierre parcial del centro productor.

Los problemas más importantes para lograr el control de calidad se deben a la diversidad de alternativas de producción por métodos artesanales utilizados en los centros de producción. Esto requiere de una vigilancia y supervisión estricta y constante de parte del sistema que apoya la producción y uso de los plaguicidas biológicos en Cuba.

Literatura consultada

- Meadows MP. 1993. Bt. *In* the Environment Ecology and Risk Assessment. Enstwistle. p. 193-213.
- Sharlene, R; Matew, R; Willam, S. 1993. Biological Pesticides and the U.E Environment Protection Agency. *In* Advanced in Engineered pesticides. Kim, L. Ed. p 321-337.
- Manual metodológico para la reproducción de entomófagos y entomopatógenos. 1990. Cuba, CNSV-INISAV. Ministerio de la Agricultura. 45 p.
- FAO. 1996. Small Scale Process of Microbial Pesticides. Agricultural Services Bulletin 96. 90 p.



Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost, y su empleo en la agricultura orgánica

Gabriela Soto¹
Claudia Muñoz²

En la finca sostenible, el suelo cumple una función clave como hábitat de microorganismos, sostén, manejo del agua, transformador de desechos naturales, almacén y fuente de nutrimentos cuando la planta los necesita (sincronía). El productor orgánico cuida el suelo de su finca no solo porque constituye una fuente de nutrimentos para los cultivos, sino por su capacidad para controlar potenciales enfermedades, pero sobre todo para asegurar agua limpia para la comunidad (Rodríguez y Paniagua 1994).

Para que el suelo pueda cumplir estas funciones es indispensable que posea un buen contenido de materia orgánica (tanto macro-materia orgánica como humus) y una diversa actividad biológica. Por tanto, en la producción orgánica se utiliza el área de la finca en forma intensiva, tanto horizontal como vertical para proveer esta materia orgánica, se siembran varios doseles cuando el cultivo lo permite, se utilizan cercas vivas, y se aprovechan las malezas adecuadamente. En este tipo de producción, las malezas son consideradas una forma eficaz de aprovechar los recursos suelo, agua y sol para producir materia orgánica, proteger el suelo, y favorecer la infiltración *versus* la escorrentía, asegurando el reabastecimiento de los mantos acuíferos.

Para acelerar el proceso de recuperación del suelo, muchos productores utilizan además de las fuentes frescas de materia orgánica, la elaboración y aplicación de

abonos orgánicos como el compost y el lombricompost. En este artículo se hace una breve revisión de aspectos relevantes en la preparación y uso del compost.

¿Qué es compost?

De acuerdo con Mustin (1987), el compostaje es el proceso biológico de descomposición de compuestos orgánicos hasta la formación de un producto estable y rico en sustancias húmicas. El lombricompost, al igual que el compost, logra transformar los desechos orgánicos en compuestos estables, por lo cual es considerado una forma de compostaje (Bollo 1999, Rynk 1992).

Para favorecer un buen proceso de compostaje es necesario crear las condiciones ideales para la actividad microbiana, como: la cantidad adecuada de agua, oxígeno y una alimentación balanceada. La intensa actividad microbiana durante este proceso provoca un aumento en la temperatura. En el lombricompostaje para evitar este calentamiento que causa daño a las lombrices, se trabaja con camas de poca altura (Siles 1998, Bollo 1999).

El proceso de compostaje es un proceso predominantemente aeróbico, en el cual los sustratos más lábiles (azúcares, aminoácidos, lípidos y celulosa) son descompuestos en menor tiempo por bacterias, hongos y actinomicetes mesófilos tolerantes a temperaturas medias. La proporción de esos microorganismos varía según el sustrato. Posteriormente, se da

¹ Departamento de Agricultura Ecológica. CATIE. Turrialba, Costa Rica. gabisoto@catie.ac.cr

² Estudiante de Posgrado en Agricultura Ecológica. CATIE. Turrialba, Costa Rica. cmunoz@catie.ac.cr

la descomposición de los materiales más recalcitrantes (hemicelulosa y lignina) por organismos termófilos (resistentes a altas temperaturas) como las levaduras y algunos actinomicetes, para pasar luego a la formación de sustancias húmicas, durante la fase de enfriamiento y maduración (Fig. 1) (Mustin 1987, Paul y Clark 1996). La formación de ácidos húmicos es realizada principalmente por hongos y algunos actinomicetes. La condensación de los fenoles junto con el amonio durante el proceso de humificación, es quizás la fase más importante del proceso de compostaje (Paul y Clark 1996).

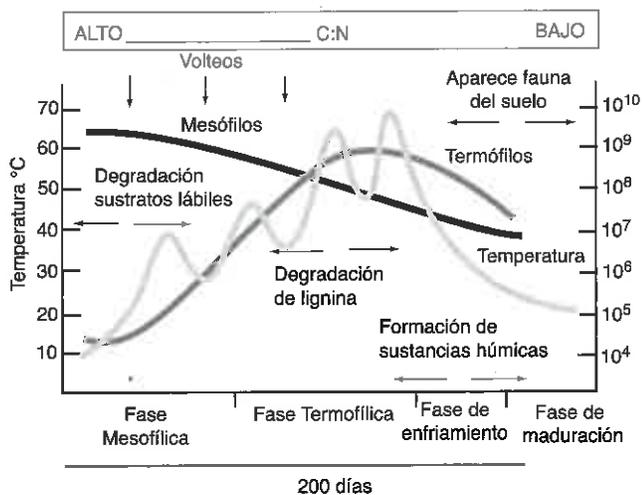


Figura 1. Proceso de compostaje. Fuente: Paul y Clark (1996).

La forma más sencilla para determinar si durante el proceso de compostaje se ha logrado la formación de ácidos húmicos es por una disminución de temperatura, siendo todas las condiciones de alimentación, humedad y oxígeno óptimas para la actividad microbiana. De esta forma si la temperatura disminuye es porque todo el sustrato balanceado ha sido transformado.

En Costa Rica se ha generalizado el uso de "bocashi" (Sasaki *et al.* 1994), donde la mezcla de materiales se humedece solo en el momento de su elaboración, y se voltea frecuentemente (hasta dos veces al día) para evitar aumentos de la temperatura por encima de los 45°C. Este material normalmente se enfría en una o dos semanas. Sasaki *et al.* (1994) señalan que en el bocashi la disminución de la temperatura se da por una reducción en el contenido de humedad, previo a la formación de ácidos húmicos.

Aunque el comportamiento no es necesariamente constante en todo el material compostado,

mediciones de la tasa de humificación demuestran que durante los primeros 15 días no se da un aumento en el contenido de ácidos húmicos y fúlvicos (Paul y Clark 1996). El bocashi, así como los procesos de compostaje de broza, en los cuales solo se utiliza la humedad que trae la pulpa del café y no se agrega más agua durante el proceso, pueden ser considerados procesos de compostaje incompletos.

Condiciones ideales del compostaje

Dado que el compostaje es un proceso de descomposición predominantemente aeróbico, las prácticas de manejo deben crear las condiciones óptimas para el establecimiento y desarrollo de estos organismos. Las condiciones que favorecen el crecimiento de los microorganismos aeróbicos son: presencia de oxígeno, temperatura, agua y una nutrición balanceada (Cuadro 1). Hay otros factores que también pueden afectar su desarrollo tales como: pH, fuentes energéticas de fácil solubilización como azúcares simples (melaza), y mayor superficie de contacto o tamaño de partícula.

Cuadro 1. Condiciones ideales de compostaje.

Condición	Ambito aceptable	Condición óptima
Relación C:N	20:1 – 40:1	25:1 – 30:1
Humedad	40 – 65%	50 – 60 %
Oxígeno	+ 5%	8%
pH	5,5 – 9,0	6,5 – 8,0
Temperatura °C	55 – 75	65 – 70°C
Tamaño de partícula	0,5 – 1,0	variable

Fuente: Rynk (1992).

Las condiciones físico - químicas de los sustratos. Los sustratos son la única fuente de alimento para los microorganismos descomponedores y por lo tanto, las cualidades y cantidades de los nutrimentos deben ser suficientes para permitir a éstos cumplir sus funciones (crecimiento, regulación y reproducción).

Relación C:N. Una buena relación C:N es importante para suplir un sustrato adecuado para el desarrollo de los microorganismos, que acelere el proceso de descomposición y mejore la calidad del producto final. Una relación C:N muy alta retarda el proceso de descomposición, mientras que una muy baja, hace que se pierda N por falta de estructuras de carbono que permitan su retención. Por ejemplo, con la gallinaza se puede perder hasta el 85% del amonio por volatilización durante la primera semana cuan-

do el manejo y la mezcla de materiales no son los adecuados (Hansen *et al.* 1993). En la fase inicial de compostaje, los microorganismos consumen entre 15 y 30% más carbono que nitrógeno. Por tanto, una relación 30:1 se considera favorable; ésta se estabiliza entre 15 y 8 al final del proceso.

Granulometría. La disminución del tamaño de las partículas de los sustratos incrementa el área de contacto y por consiguiente, la actividad microbológica y con ella la degradación de los materiales. Sin embargo, las partículas muy pequeñas limitan el flujo de aire. El diámetro adecuado de las partículas es 10-50 mm (Dalzell *et al.* 1991, Mustin 1987).

Instalaciones para el proceso de compostaje

En general, no se requieren condiciones muy controladas para la elaboración de compost. El aspecto más importante es el acceso a una fuente de agua para mantener la humedad óptima, pero sin que los lixiviados del proceso contaminen estas fuentes de agua. Se recomienda que el material esté cubierto para evitar la pérdida de nutrientes. Soto (2001) comparó Vermicompost preparados a cielo abierto con otros que permanecieron cubiertos durante todo el proceso, determinando una pérdida de nutrientes en los lixiviados del material sin tapar (Cuadro 2).

Usos del compost

El compost tiene efectos positivos en el suelo, tales como: incremento en la actividad de la fauna del suelo, reducción de microorganismos patógenos (Bulluck *et al.* 2002), incremento en la densidad aparente, estabilización del pH, incremento de la capacidad de intercambio catiónico, disminución del lavado de nitratos (Stamatiadis *et al.* 1999, Pickering *et al.* 1998), eliminación de patógenos y semillas de malezas por las altas temperaturas generadas por la actividad microbiana (Eastman *et al.* 2001, Dixon y Walsh 1998, Ingham 1998) y degradación de residuos de plaguicidas (Block 1998, Büyüksönmez *et al.* 2000).

Además de estos efectos, el compostaje como proceso ofrece ventajas en términos operativos porque disminuye la cantidad de biomasa a aplicar debido a la pérdida de carbono y agua del material, durante el proceso de descomposición, lo cual representa un ahorro de dinero al productor (Rynk 1992).

El uso de compost también tiene desventajas, tales como el incremento en los contenidos de sales a niveles que pueden afectar el crecimiento de cultivos sensibles y fitotoxicidades, especialmente cuando se emplean residuos con trazas de metales pesados o materiales no terminados (Costa *et al.* 1997).

El compost puede ser considerado como un mejorador del suelo porque la adición de ácidos húmicos aumenta la capacidad de intercambio catiónico y mejora la capacidad de manejo de agua, aspectos esenciales para una finca sostenible. Pero también es usado como abono. La mayoría de los productores, durante el proceso de transición de agricultura convencional a orgánica, buscan alternativas al uso de fertilizantes sintéticos y utilizan el compost como abono orgánico.

Los compost como abonos

Muchos agricultores prefieren utilizar compost como fuente de nutrientes para sus cultivos que aplicar residuos frescos, tales como excretas de animales, porque reducen el mal olor (Miller 1993), los efectos tóxicos sobre los cultivos, la contaminación de aguas y elimina patógenos y semillas de malezas (Rynk 1992). Además en el caso de excretas de animal, el recién publicado Reglamento de Producción Orgánica de los Estados Unidos (NOP 2000), prohíbe el uso de excretas sin compostear 120 días antes de la cosecha en cultivos cuya parte comestible toque el suelo, y 90 días en aquellas que el producto comestible no toque el suelo. Por lo tanto, si se quiere cumplir con la reglamentación, cultivos como lechuga podrán utilizar únicamente excretas composteadas.

Cuadro 2. Variaciones en el contenido de nutrientes de compost de broza preparado bajo diferentes condiciones de manejo.

Broza de café	pH	Humedad	N	P	Ca	Mg	K
				(%)			
Vermicompost al aire libre	5,5	48,0	1,50	0,12	0,71	0,17	0,17
Vermicompost bajo techo	7,5	65,0	2,32	0,21	2,41	0,80	0,79

Fuente: Soto (2001).

Los productos de procesos de compostaje incompletos, como el bocashi aportan más nutrimentos a corto plazo que un compost terminado, además de que incorporan una población microbiana diversa para continuar el proceso de descomposición en el campo, pero existe el riesgo de que aumenten la temperatura del suelo, lo cual podría afectar a los microorganismos benéficos y a los cultivos (Soto 2001). Los abonos con macromateria orgánica como el bocashi o excretas frescas semicomposteadas son recomendables al iniciar el período de transición entre producción convencional intensiva y producción orgánica porque mantienen una tasa de liberación de nutrimentos más rápida que el compost.

No obstante, Shibahara *et al.* (1998) señala que la aplicación de un material que libera los nutrimentos lentamente tiene la ventaja de que reduce las pérdidas por lixiviación y volatilización y constituye una fuente de nutrimentos a largo plazo.

Con respecto al efecto de estas enmiendas orgánicas sobre las propiedades químicas del suelo Clark *et al.* (1998), en una evaluación de cuatro años sobre los efectos de la aplicación de fertilizantes sintéticos y orgánicos, encontraron incrementos en las concentraciones de C, P, K, Ca y Mg en los sistemas que recibieron abonos orgánicos continuamente. Douds *et al.* (1997) también encontraron incrementos en los contenidos de fósforo y potasio disponibles luego de tres años de aplicación de compost de estiércol de gallina, ganado vacuno y follaje, además detectaron un efecto significativo en las poblaciones de micorrizas, específicamente de *Glomus sp.* y *G. etunicatum*.

Si el compost es utilizado como abono es importante considerar que la disponibilidad de nutrimentos varía mucho dependiendo de la materia prima utilizada, el método de compostaje, y el grado de madurez del producto final. El estudio de Hartz *et al.* (2000) muestra el efecto de la variabilidad en los contenidos de nutrimentos de los compost sobre el

N recuperado en el cultivo de *Festuca arundinacea* Shreb (Cuadro 3).

Además de los factores que normalmente afectan la mineralización de la materia orgánica en el suelo, en los compost esta también es alterada por otros factores intrínsecos a los materiales y a los procesos. Por ejemplo, Castellanos y Pratt (1981) hallaron tasas de mineralización de nitrógeno de 17% durante 40 semanas de compostaje de estiércoles, mientras que Hadas y Portnoy (1994) informaron una tasa de 10% durante 32 semanas con el mismo tipo de compost. Hartz *et al.* (2000) determinaron una tasa de sólo 7% para este tipo de compost de 12 semanas y de 1% para compost producido con residuos vegetales durante el mismo tiempo. Ampliando la variabilidad, Douglas y Magdoff (1991) reportaron una inmovilización por 67 días en compost de estiércoles. Hartz *et al.* (2000) encontraron una correlación altamente significativa entre la tasa de mineralización de N y los contenidos iniciales de nitrógeno. Así mismo, Robertson y Morgan (1995) determinaron que a mayor edad del compost menor tasa de mineralización.

La velocidad con que el compost libera los nutrimentos es una medida indirecta de la disponibilidad de ellos, ya que éstos pueden ser liberados ya sea por volatilización y/o lixiviación. Sin embargo, la determinación de la cantidad de nutrimentos retenidos en el compost permite estimar su efecto residual. La cantidad de biomasa que pierden los compost en el campo es un indicador de la velocidad de descomposición. Al respecto Balkcom *et al.* (2001) encontraron que aplicando compost de lodos municipales a una tasa de 4 t/ha de peso seco, éstas perdieron aproximadamente el 36% del peso durante 52 semanas. No obstante, estos autores reportaron que aproximadamente el 50% del N fue liberado en las primeras dos semanas, el fósforo fue menos soluble, liberándose solo el 21% en el mismo período, y

Cuadro 3. Porcentaje de nitrógeno recuperado de diversos tipos de compost.

Materiales composteados	N total	N orgánico	P	K	C	C/N	N total recuperado (%)
Estiércol de gallina (1996)	38	36	23	29	217	5,7	7,0
Forraje (1996)	22	22	8	31	251	11,4	3,7
Residuos de cultivos	12	12	2	14	111	9,3	3,7
Desechos municipales (1996)	16	16	3	9	236	14,4	3,7
Estiércol de gallina (1997)	26	24	14	21	181	7,0	6,0
Forraje (1997)	22	21	8	32	199	9,3	5,1
Estiércol ganado vacuno	15	14	11	18	155	10,5	8,0
Desechos municipales (1997)	14	14	3	8	217	15,5	1,0

Fuente: Hartz *et al.* (2000).

el 20% del calcio, mientras que el magnesio no mostró ninguna pérdida. Somarribas y Soto (datos no publicados) en evaluaciones con compost de pulpa de naranja aplicados en plantaciones de naranja en la zona de San Carlos, Costa Rica, encontraron una liberación del 23% de nitrógeno en 16 semanas en la época seca y 53% en 8 semanas en la época lluviosa.

Calidad de compost

Uno de los aspectos más estudiados actualmente es la determinación de la calidad del producto final. Los laboratorios de análisis de suelos y foliares han optado por ofrecer como análisis de compost la digestión total, que determina el contenido total de los nutrientes. Sin embargo, este análisis sobreestima la disponibilidad de nutrientes a corto plazo, porque las tasas de liberación son más lentas. En el laboratorio de la Universidad de Costa Rica han desarrollado una metodología que utiliza la actividad microbiana como indicador de calidad del compost (Vandevivere y Ramírez 1994, Salas y Ramírez 1999).

El método para medir la calidad del compost es determinado por el uso que se quiera dar al mismo. El Departamento de Transportes (DOT) de los Estados Unidos, utilizan el tamaño de partícula como criterio principal, porque el compost es utilizado para bordes de carreteras y zonas verdes (Mitchell 1997). Otros criterios pueden ser la inocuidad (ausencia de organismos patógenos a humanos o contenidos de

metales pesados) (Cuadro 4). Todavía no existe un análisis único que evalúe la calidad del compost, sino que se debe utilizar una mezcla de varios.

Algunos países han avanzado en la regulación para el uso del término "compost" en el etiquetado de productos (Gies 1992). En América Central es necesario trabajar en una legislación que regule este proceso, porque muchos productores etiquetan como compost materiales aún no terminados, con poco valor nutritivo y a veces con contaminantes. Las características generales de un compost comercialmente aceptable se presentan en el cuadro 5, pero se reitera que esto dependerá del uso que se le de al mismo.

Residuos del beneficio del café

La broza o pulpa del café se utiliza como alimento para animales, para producir biogas, alcohol, pectinas y como abono (Calle 1977).

El contenido de nutrientes de la broza ha sido evaluado en varias investigaciones (Orozco *et al.* 1996, Blandon *et al.* 1999, Korikanthimath y Hosmani 1999, Nogueira *et al.* 2000) y los rangos informados para cada elemento son: 1,47 a 3,02% de nitrógeno, 0,12 a 0,53% de fósforo, 2,82 a 4,21% de potasio, 0,32 a 0,81 de calcio y 0,08 a 0,42 de magnesio (Cuadro 6). El mucílago es un hidrogel que contiene 8,9% de proteínas y 4,1 % de azúcares en base húmeda (Martínez 1959). Mientras la cascarilla de café constituye el 3% del peso húmedo del café cereza y se ha utilizado co-

Cuadro 4. Niveles máximos de contaminantes permitidos en el compost por región.

Metal	Canadá ^a µg / g	Unión Europea compost orgánico ^b (µg / g)	Otros contaminantes ^c	
Arsenico	10	-	Plástico (%)	1
Cadmio	3	0,7	Otros (%)	2
Cromo	50	70	PBC (µg / g)	0,5
Plomo	150	45	Captan (µg / g)	0,05-100
Mercurio	0,15	0,4	Clordano (µg / g)	0,3
Níquel	60	25	Lindano (µg / g)	1-7
Cobre	-	70	2,4-D (µg / g)	0,5-1,0
Zinc	500	200		

^aOntario, Canadá. (Gies 1992). ^bAnexo II. Regulación Europea 2092/91. Enmienda 1997. ^cUSDA (Henry, 1991). Recopilado por el autor.

Cuadro 5. Características generales de un compost comercialmente aceptable.

Característica	Rango óptimo	Característica	Rango óptimo
% Nitrógeno	> 2	% Fósforo	0,15-1,5
C:N	< 20	Color	Pardo-negro
Cenizas (%)	10-20	Olor	Tierra
Humedad	10-20<40	CICE (meq/100g)	75-100

Fuente: Paul y Clark (1996).

mo componente de compost para lograr mejores relaciones C/N (Leal y Cañizares 1998).

Para el proceso de compostaje, la broza del café presenta características idóneas que casi ningún otro residuo agroindustrial posee, ya que contiene un alto contenido de azúcares (fuente energética), una buena relación C:N (25-30:1) y un tamaño de partícula adecuado. El contenido inicial de humedad (85-90%) puede ser muy alto comparado con el óptimo para compostaje (60%), pero es rápidamente modificado con un frecuente volteo del material. Es por esto que el compostaje de este material ha sido ampliamente difundido como una alternativa para el manejo de este desecho.

La broza como abono

Sobre su efecto en el rendimiento de los cultivos, Fraga y Conagin (1956) evaluaron la combinación de productos de síntesis con la broza y obtuvieron rendimientos superiores a los alcanzados por esos productos. El Instituto del Café de Costa Rica (1997) y Uribe y Salazar, (1983) reportaron que con la aplicación de 6 kg de broza se obtuvieron los mismos rendimientos por planta que con fertilizantes sintéticos. Muñoz en datos sin publicar reporta en diferentes tipos de compost de broza (compost y lombricompost) aplicados en cafetales en Turrialba tasas de liberación de nitrógeno de un 25 a un 35% en 209 días en campo.

Consideraciones finales

El compost cumple una función vital en las fincas durante el proceso de transición de producción con-

vencional a orgánica, no tanto como fuente de nutrientes, sino para mejorar la capacidad del suelo para el manejo de nutrientes y agua. La tasa de liberación de nutrientes de un compost es lenta, y en el mejor de los casos (p. ej., compost de lodos urbanos) se llega a liberar un 50% de su contenido de nitrógeno, pero estos porcentajes disminuyen cuando las materias primas son residuos vegetales (20 - 25%).

Por tanto, si los compost se desean utilizar como abono en la producción orgánica es necesario continuar los estudios sobre la tasa de liberación de nutrientes para determinar su aporte a corto y largo plazo.

Otro aspecto que es prioritario trabajar son las regulaciones de etiquetado para asegurar la calidad del producto que llega al mercado.

Literatura citada

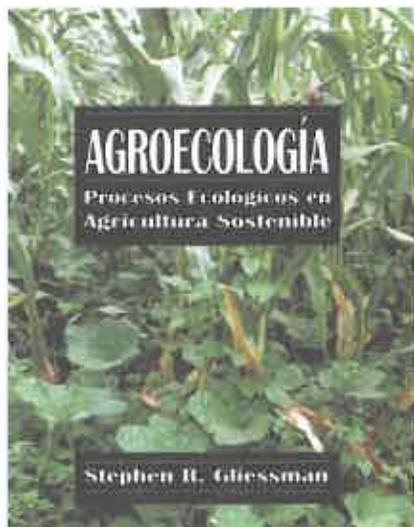
- Balkcom, KS; Adams, JF; Hartzog, DL; Wood, CW. 2001. Mineralization of composted municipal sludge under field conditions. *Communications Soil Science Plant Analysis* 32 (9-10): 1589-1605.
- Blandon, GC; Dávila, MTA; Rodríguez, NV. 1999. Caracterización microbiológica y físico-química de la pulpa de café sola y con mucílago, en proceso de lombricompostaje. *Cenicafé (Colombia)* 50 (1): 5-23.
- Block, D. 1998. Degrading PCB's through composting. *Biocycle* 39(12): 45-48.
- Bollo, E. 1999. Lombricultura: una alternativa de reciclaje. Ecuador Soboc. 149 p.
- Bulluck, LR; Brosius, M; Evanylo, GK; Ristaino, JB. 2002. Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial physical and chemical properties on organic and conventional farms. *Applied Soil Ecology* 19: 147-160.
- Büyüksönmez, F; Rynk, R; Hess, TF; Bechinski, E. 2000. Occurrence, degradation, and fate of pesticides during composting: occurrence and fate of pesticides *In* Compost and composting systems. *Compost Science and Utilization* 8 (1): 61.

Cuadro 6. Análisis físico y químico de pulpa de café con y sin mucílago en diferentes etapas del compostaje.

	Pulpa de café sola			Pulpa de café con mucílago		
	Fresca	Dos meses con volteos	Compost	Fresca	Dos meses con volteos	Compost
Humedad	74,83	70	52,83	87,9	77,85	55,5
pH	4,4	8,9	8,32	4,13	8,58	7,95
MO %	93,34	81,41	54,44	92,7	85,33	79,36
C/N	30,72	11,65	7,47	27,95	13,5	11,62
N %	1,76	4,06	4,24	1,94	3,7	3,98
P %	0,13	0,27	0,27	0,13	0,25	0,25
K %	2,82	6,9	5,27	2,75	4,82	4,1
Ca %	0,32	0,92	0,91	0,37	0,9	1,18
Mg %	0,08	0,19	0,19	0,11	0,2	0,26
Fe (ppm)	158,75	2510	3413,33	700	3230	3425
Mn (ppm)	69,0	100	155,17	43	128,75	169,25
Zn (ppm)	8,25	109,5	158,83	45,75	88	162,58
CU (ppm)	9,75	12	14,67	17,75	26,75	40,42
B (ppm)	21,75	61	65,33	18,75	52,25	64,33

- Calle, HV. 1977. Subproductos del café. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Boletín Técnico No. 5. 82 p.
- Castellanos, JZ; Pratt, PF. 1981. Mineralization of manure nitrogen-correlation with laboratory indexes. *Soil Science Society of America Journal* 45: 354-357.
- Clark, MS; Horwath, WR; Shennan, C; Scow, KM. Changes in soil chemical properties resulting from organic and low input farming practices. *Agronomy Journal* 90: 662-671.
- Costa, CA da; Casali, VWD; Loures, EG; Cecon PR; Jordão, CP. 1997. Teor de zinco, cobre e cádmio em cenoura em função de doses crescentes de composto de lixo urbano. *Horticultura Brasileira* 15 (1):10-14.
- Dalzell, HW; Biddlestone, AJ; Gray, KR; Thurairajan, K. 1991. Manejo del suelo; producción y uso de compost en ambientes tropicales y subtropicales. Servicio de Recursos, Manejo y Conservación de Suelos. Dirección de Fomento de Tierras y Aguas, FAO. 178 p.
- Dixon, GR; Walsh, UF. 1998. Suppression of plant pathogens by organic extracts a review. *Acta Horticulturae* 469: 383-390.
- Douds Junior, DD; Galvez, L; Franke-Snyder, M; Reider, C; Drinkwater, LE. 1997. Effect of compost addition and crop rotation point upon VAM fungi. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 65:257-266.
- Douglas, BF; Magdoff, FR. 1991. An evaluation of nitrogen mineralization: Indexes for Organic Residues. *Journal of Environmental Quality* 20: 368-372.
- Eastman, BR; Kane, PN; Edwards, CA; Trytek, L; Gunadi, B; Stermer, AL; Mobley, JR. 2001. The effectiveness of vermiculture in human pathogen reduction for USEPA biosolids stabilization. *Compost-Science-and-Utilization* 9:1, 38-49.
- Fraga, CG Jr; Conagin, A. 1956. Delineamentos e análise de experimentos com cafeiros. *Bragantia* 15 (17): 177-190.
- Gies, G. 1992. Regulating compost quality in Ontario. *Biocycle* 60-61 p.
- Hadas, A; Portnoy, R. 1994. Nitrogen and carbon mineralization of composted manures incubated in Soil. *Journal of Environmental Quality* 23: 1184-1189.
- Hansen, RC; Keener, HM; Marugg, C; Dick, WA; Hoiting, HAJ. 1993. Composting of poultry manure. In Hoiting, HAJ; Keener, HM. Ed. Science and Engineering of composting: design, environmental, Microbiological and Utilization aspects. 131-153 p.
- Hartz, TK; Mitchell, JP; Giannini, C. 2000. Nitrogen and carbon mineralization dynamics of manures and compost. *HortScience* 35(2):209-212.
- Henry, CL. 1991. Review of composting literature. Technical information on the use of organic materials as soil amendments: a literature review. Solid Waste Composting Council, Washington, D.C.
- Ingham, E. 1998. Replacing methyl bromide with compost. *Biocycle* 39(12):80-82.
- Instituto del Café de Costa Rica. 1998. Informe Anual de Labores 1997. Heredia, Costa Rica. Unidad de Producción agrícola. 254 p.
- Korikanthimath, VS; Hosmani, MM. 1999. Organic recycling of coffee pulp in coffee based cropping systems. *Indian Coffee* 63 (1): 4-6.
- Leal, N; Cañizares, C. 1998. Compostaje de residuos orgánicos mezclados con roca fosfórica. *Agronomía Tropical* 48 (3): 335-357.
- López, MA. 1966. Cambios químicos en el suelo ocasionados por adición de materia orgánica. Su valor residual y su efecto sobre plántulas de café hasta un año de edad. *Cenicafé (Colombia)* 17(4): 121-131.
- Martínez, NGN. 1959. Coffee mucilage - its chemical composition. *Coffee and Tea Industries*. 82: 17-18.
- Mathur, SP; Owen, G; Dinel, H; Schnitzer, M. 1993. Determination of compost biomaturity. *Biological Agriculture and Horticulture* 10: 65-85.
- Miller, FC. 1993. Minimizing odor generation. In Hoiting, HAJ; Keener, HM. Ed. Science and Engineering of composting: design, environmental, Microbiological and Utilization aspects. p. 219-241.
- Mitchell, D. 1997. State highway departments find it ways to use compost. *Biocycle* 38(8):67-72.
- Mustin, M. 1987. *Le Compost, Gestion de la Matière organique*. Paris, Editions François DUBUSC. 954 p.
- Nogueira, MAS; Pinheiro, NCG; Mollica, SV; Texeira, AM de. 2000. Nutrientes em compostos orgânicos de resíduos vegetais e dejetos de suínos. *Scientia Agricola* 57 (1): 185-189.
- NOP. 2000. National Organic Program. Final Rule 7 CFR Part 205. Department of Agriculture. USA.
- Orozco, FH; Cegarra, J; Trijillo, LM; Roig, A. 1996. Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm *Eisenia fetida*: Effects on C and N contents and the availability of nutrients. *Biology and Fertility of soils*. 22: 162-166.
- Paul, EA; Clark, FE. 1996. *Soil Microbiology and Biochemistry*. 2 ed. Academic Press. 340 p.
- Pickering, JS; Kendle, AD; Hadley, P. 1998. The suitability of composted green waste as an organic mulch: effects on soil moisture retention and surface temperature. *Acta Horticulture* 469:319-324.
- Robertson, FA; Morgan, WC. 1995. Mineralization of C and N in organic materials as affected by duration of composting. *Australian Journal of Soil Research* 33(3):511-524.
- Rodríguez, G; Paniagua, JJ. 1994. *Horticultura Orgánica: una guía basada en la experiencia en Laguna de Alfaro Ruíz, Costa Rica*. Fundación Güilombé. 76 p.
- Rynk, R. 1992. *On-farm composting handbook*. Northeast Regional Agricultural Engineering Service. Cooperative Extension. New York. 186 p.
- Salas, E; Ramírez, C. 1999. Bioensayo microbiano para estimar los nutrimentos disponibles en los abonos orgánicos: calibración de campo. In Congreso Agronómico Nacional y III Congreso Nacional de Suelos (1999, San José, Costa Rica). Memoria. vol. III. p. 71.
- Sasaki, S; Alvarado, A; Li Kam, A. 1994. *Curso Básico de agricultura orgánica*. San José, Costa Rica, Proyecto de Agricultura Orgánica, UCR-JOCV. 30 p.
- Shibajara, F; Shigekazu, Y; Inubushi, K. 1998. Dynamics of Microbial Biomass Nitrogen as Influenced by Organic Matter Application in Paddy Fields. *Soil Science and Plant Nutrition*. 44 (2):167-178.
- Siles, J. 1998. El manejo de desecho de broza con lombrices californianas. Tesis MSc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 93 p.
- Soto, G. 2001. *Abono orgánicos: producción y uso de compost*. In Meléndez, G; Molina, E. *Fertilidad de Suelos y Manejo de la Nutrición de Cultivos en Costa Rica*. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica.
- Stamatiadis, S; Werner, M; Buchanan, M. 1999. Field assessment of soil quality as affected by compost and fertilizer application in a broccoli field (San Benito County, California) *Applied Soil Ecology* 12 :217-225.
- Uribe, H; Salazar, AJN. 1983. Influencia de la pulpa del café en la producción del café. *CENICFE*. 34 (2): 44-58.
- Vandevivere, P; Ramírez, C. 1995. Control de calidad de abonos orgánicos por medio de bioensayos. In Simposio Centroamericano de Agricultura Orgánica (1995, San José, Costa Rica). García, J; Nájera, J. Ed. Memoria. UNED. 121-140 p.
- Wu, L; Ma, LQ; Martínez, GA. 2000. Comparison of methods for evaluating stability and maturity of biosolids compost. *Journal of Environmental Quality* 29:424-429.

Reseñas de Publicaciones



Gliessman, SR. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en la agricultura sostenible. Turrialba, Costa Rica, CATIE 359 p.

Este es el primer libro de texto sobre agroecología diseñado para la enseñanza universitaria a nivel de pregrado y posgrado. Por tanto, será una fuente de gran utilidad para investigadores, profesores y estudiantes de áreas de agricultura, manejo de recursos naturales y desarrollo rural. El libro está dividido en 4 secciones, cada una compuesta de varios capítulos. La primera sección se inicia con una introducción a la agroecología que incluye aspectos como la "insostenibilidad" de la agricultura convencional, el concepto de agroecosistema y una discusión sobre la definición de este término, el cual es definido por el autor como "la aplicación de conceptos y principios ecológicos para el diseño y manejo de agroecosistemas sostenibles".

La siguiente sección está enfocada al análisis de los cultivos y los factores ambientales que afectan su desarrollo, tales como la luz, temperatura, humedad y precipitación, viento, suelo, agua en el suelo y fuego. En los últimos capítulos de esta sección se discuten los factores bióticos y el complejo ambiental, analizando los principios básicos sobre la interacciones entre organismos y el ambiente. Estas dos primeras secciones serán de mayor utilidad para los estu-

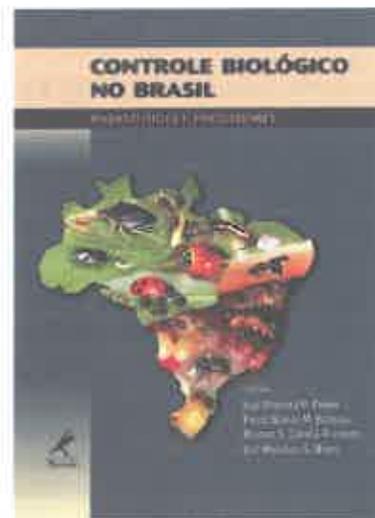
diantes de pregrado que comienzan su formación en las áreas de agronomía, ecología y manejo de los recursos naturales, siendo especialmente útil para desarrollar una base inicial de conocimientos en ecología.

En la tercera sección se introducen temas más avanzados de ecología. En estos capítulos se desarrolla la visión de sistemas agroecológicos, aplicando principios de ecología de poblaciones, comunidades y paisajes al diseño y manejo de agroecosistemas. Esta sección será de mucha utilidad para estudiantes de posgrado e investigadores porque presenta aplicaciones y estudios sobre temas de gran interés en la actualidad, tales como la agroforestería tropical, la diversidad y estabilidad del agroecosistema, e interacciones entre agroecosistemas y ecosistemas naturales.

La última sección incorpora una visión interdisciplinaria, que discute aspectos sociales y económicos que afectan los sistemas agroalimentarios. Se analiza con mayor profundidad el tema de los indicadores de sostenibilidad, y la necesidad de impulsar, no solo agroecosistemas sostenibles, sino sistemas agroalimentarios sostenibles. Estos incluyen a los productores, consumidores, mercados, organizaciones y redes de intercambio de productos, información y recursos. Este libro constituye un material de enseñanza idóneo, así como una fuente para la capacitación profesional porque posee características como: a) un lenguaje claro y múltiples ilustraciones y gráficos que facilitan la comprensión de los temas; b) una lista de referencias adicionales y preguntas de reflexión para cada capítulo; c) una extensa bibliografía; d) temas y estudios de caso que ilustran aplicaciones y ejemplos de la agroecología alrededor del mundo.

En futuras ediciones sería recomendable que esta obra incluya con mayor detalle el papel de los animales en la agroecología; y el rol de la agroecología en el desarrollo rural.

V. Ernesto Méndez. Candidato Doctoral en Agroecología, Departamento de Estudios Ambientales, Universidad de California, Santa Cruz.



Parra, JR; Botelho, PSM; Correa-Ferreira, BS; Bento, JMS. Ed. 2002. Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores. Sao Paulo, Brasil, Manole. 609 p.

Uno de los mayores problemas que enfrentamos los profesores y estudiantes en las ciencias aplicadas en América Latina, es la carencia de textos propios. Con ello me refiero no solamente a los que reflejen nuestras peculiares condiciones agroecológicas (particularmente en los países tropicales), tan determinantes en el caso del manejo de las plagas agrícolas y forestales, sino también a aquellos surgidos de nuestras experiencias y vivencias específicas.

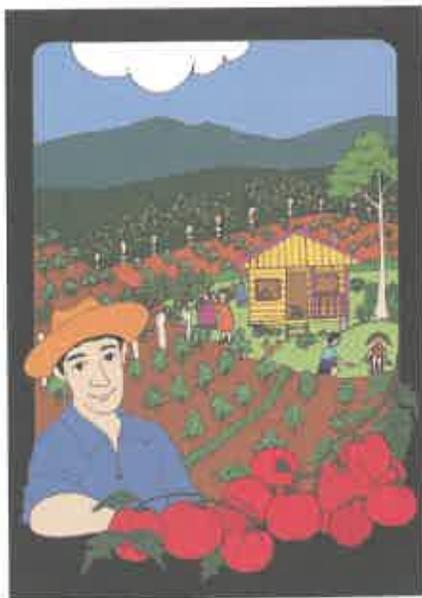
Es por ello que, con inmenso placer, saludamos la aparición del libro reseñado, rico en información, tanto de tipo teórico como aplicado a las regiones tropicales. Y, en gran medida, sintetiza una escuela de pensamiento y de acción, liderada por el Dr. José Roberto P. Parra, de quien podemos atestiguar que ha sido un mentor de varias generaciones de entomólogos en la reputada Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), en la Universidad de Sao Paulo, en Piracicaba. De hecho, varios de sus discípulos, hoy prestigiosos científicos, se han sumado como autores de algunos capítulos de su texto.

El libro, empastado y bellamente impreso, está compuesto por 33 capítu-

los, organizados en cinco secciones, profusamente ilustrados con 23 páginas de fotografías en colores. Se inicia con dos capítulos que cubren aspectos teóricos, sobre temas tales como taxonomía, cuarentena, crianza, liberación, comercialización, efecto de insecticidas y evaluación de la eficiencia de parasitoides y depredadores. Pero, como era de esperar, dedica los restantes capítulos a aspectos aplicados, pues un gran mérito de los colegas e instituciones agrícolas brasileñas es que han trascendido la retórica –frecuente en nuestros países, a veces por falta de programas y de recursos– para dar el salto hacia la aplicación práctica del control biológico en vastas áreas, demostrando así su viabilidad técnica y su rentabilidad.

Sin ninguna duda recomiendo su lectura, y auguro que pronto se convertirá en un clásico en el campo de la protección vegetal en nuestro continente. Su costo es de R\$ 124,00 (US\$.....), y se puede solicitar a la editorial Manole (<http://www.manole.com.br>)

Dr. Luko Hilje. Unidad de Fitoprotección, CATIE



Colección Folletos de Agricultura Ecológica para Productores. 2002. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

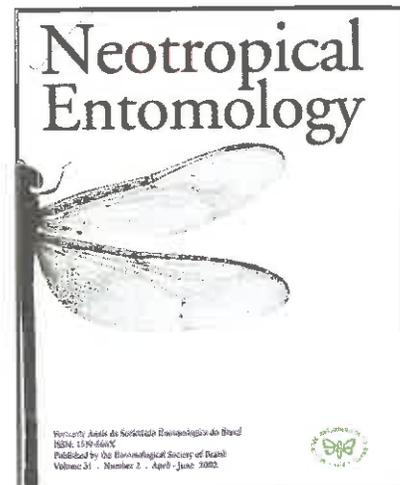
Recientemente se publicó una carpeta, cuya carátula acompaña esta reseña, conteniendo una serie de seis folletos derivados del proyecto *Validación de*

tecnologías de bajos insumos para la producción sostenible de tomate en sistemas de laderas. Este fue financiado por *Fundecooperación para el Desarrollo Sostenible*, y realizado por el CATIE, con la colaboración de dos entidades costarricenses: el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y el Instituto de Desarrollo Agropecuario (IDA).

Cada folleto se refiere a un tema crítico, en el contexto de dicho proyecto. Los tres primeros cubren temas más comprensivos y generales, a saber: *Técnicas agroforestales para producir tomate en laderas*, *Abonos orgánicos para la producción sostenible de tomate* y *Prácticas agrícolas para manejar plagas de hortalizas*. Por su parte, los otros tres se dedican a temas más específicos, de carácter entomológico, por ser el foco principal del proyecto: *Semilleros para el manejo de la mosca blanca*, *Coberturas vivas para el manejo de la mosca blanca* y *Cómo manejar los gusanos que atacan el fruto del tomate*. Están escritos por especialistas en el tema, pero en un lenguaje sencillo, asequible para productores con baja escolaridad. Además, están bellamente diagramados y copiosamente ilustrados con dibujos y fotografías en colores.

Representan una excelente forma de recoger y sintetizar la experiencia del proyecto, convirtiéndose en un legado para los agricultores involucrados en éste, así como para otros que siembran hortalizas en nuestro continente, pues su valor es más bien universal. Además, son una valiosa herramienta didáctica para trabajar con grupos organizados de agricultores.

Para información sobre cómo adquirirlos, se puede contactar a: Dr. Luko Hilje (Unidad de Fitoprotección, CATIE). Tels. 558-2580/ 556-6431. Fax 556-0606. Correo: lhilje@catie.ac.cr.



Neotropical Entomology

Sin duda, la tradición de Brasil en el mundo de la fitoprotección, y especialmente en la entomología agrícola y forestal, es sobresaliente. Desde los múltiples volúmenes de la clásica obra *Insetos do Brasil*, del sabio Angelo da Costa Lima, los entomólogos que trabajamos en los trópicos hemos recurrido siempre a sus valiosas publicaciones, para tratar de entender y manejar mejor nuestras plagas. En tal sentido, desde su nacimiento en 1972, la revista *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* ha cumplido un papel importante en nuestro continente, divulgando los hallazgos entomológicos, especialmente brasileños, tanto de tipo básico como aplicado. No obstante, al comenzar el nuevo siglo, dicha revista ha dado un salto cualitativo de gran importancia, renovando aspectos de forma, que incluyen papel de muy alta calidad, un formato de 21x28 cm, y abundantes ilustraciones en color.

Pero, sobre todo, ha ampliado su cobertura, para incluir más artículos en inglés (aunque se mantiene la política de aceptar artículos en portugués y español) e insertarse de mejor manera en el mundo moderno. A su vez, ello ha implicado la selección de un nombre más atractivo, *Neotropical Entomology*, y la presencia de una Comisión Editorial Internacional con científicos de gran renombre. Saludamos con genuina alegría este notable esfuerzo de los colegas de la *Sociedade Entomológica do Brasil* e invitamos a los colegas entomólogos a acceder el pórtico de esta revista trimestral (<http://www.ciagri.usp.br/~seb>), cuyo costo de suscripción es de US\$ 120.

Dr. Luko Hilje

Unidad de Fitoprotección, CATIE

Futuros Eventos

Febrero - Setiembre 2003
V Curso a Distancia Salud y Plaguicidas

Información:

RAAA
Lima, Perú
Tel/fax 3375386, 4257955,
3375170.
raaaper@terra.com.pe

Marzo 2003
3. International Bemisia Workshop

Información:

J. Arno, Dept. de Protección Vegetal, IRTA-Centre de Cabrils, Barcelona, España
Fax: 93-753-3954
Tel.: 93-750-7511
Judit.Arno@irta.es

17 - 20 Marzo 2003
3rd International Bemisia Workshop

Información:

Dr. Rosa Gabarra
Departamento de Protección Vegetal,
IRTA Centre de Cabrils, España
mailto:bemisia2003@otac.com

6 - 10 Abril 2003
XII Congreso Latinoamericano de Fitopatología

Información:

J.M. Amador, Agric. Resch. Ctr.,
2415 E. Hwy. 83, Weslaco, TX
78596, USA
Fax: 1-956-969-5639
Tel.: 1-956-968-5585
J-Amador@tamu.edu

8 - 10 Abril 2003
4TH National IPM Symposium-
/Workshop

Información:

E.E. Wolff
University of Illinois, Champaign,
IL 61820, USA
www.conted.uiuc.edu/ipm
IPMsymposium@ad.uiuc.edu

Mayo 2003
5 International Symposium on
Population Dynamics of Plant
Inhabiting Mites

Información:

D.C. Margolies,
Dept. of Entomology, Waters
Hall, Kansas State Univ.USA
DMargoli@oznet.ksu.edu

7 - 9 Mayo 2003
4º Internacional de Microbiología
Ambiental y 2º Internacional en
Biotecnología Agrícola

Información:

Departamento de Microbiología,
Facultad de Ciencias, Pontificia
Universidad Javeriana
Bogotá, Colombia
franco@javercol.javeriana.edu.co
y mmmartin@javeriana.edu.co

22-26 junio 2003
8th Simposio sobre Controle
Biologico

Información:

Sao Pedro, SP, Brasil
siconbiol2003@esalq.usp.br
http://www.esalq.usp.br/siconbi-
ol2003

23-27 junio 2003

Curso Taller para Agricultores y
Extensionistas
Manejo Integrado de Plagas en la
Producción Agraria Sostenible

Información:

Dr. Luis L. Vázquez Moreno
Correo Electrónico:
lvazquez@inisav.cu
Fax: (537) 2029366, 2040535
Dirección postal: Calle 110 # 514
e/ 5taB y 5ta F.
Playa. CP 11600. Ciudad de La
Habana. Cuba
http://www.inisav.cu

Conviértase en patrocinador de la revista

Manejo Integrado de Plagas y Agroecología

Si su empresa o proyecto está comprometido con la conservación de los recursos naturales, la protección del productor y del consumidor, así como con la producción agrícola sostenible, lo invitamos a ser patrocinador de esta Revista.

Manejo Integrado de Plagas y Agroecología es una publicación con 16 años de trayectoria, única en el tema en América Latina y el Caribe, de alta calidad, gran prestigio y con amplia distribución en la comunidad técnica y científica latinoamericana.

El patrocinio consiste en un **aporte financiero anual, a convenir entre ambas partes**. Los patrocinadores reciben otros beneficios importantes, como:

- **Publicidad internacional** que reforzará su imagen como empresa o institución en pro del movimiento ecológico y el desarrollo sostenible.
- **Mención en la contraportada** de cada número de esta Revista, así como en la versión electrónica en internet.
- **Ejemplares gratuitos** de la Revista para sus técnicos o para su distribución, según su conveniencia.

Para información adicional consultar a la siguiente dirección:

**REVISTA MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS Y
AGROECOLOGÍA**

CATIE, 7170 Turrialba, Costa Rica

Tel.: (506) 558 2633 ó 556 1632

Fax: (506) 556 6282

cicmip@catie.ac.cr



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)



**Proyecto Plagsalud
Organización Panamericana de la Salud**
San José, Costa Rica
Tel: (506) 223-1686
Fax: (506) 258-5830



**Fomento de Productos
Fitosanitarios No-Sintéticos**
Ministerio de Agricultura y
Ganadería, San José, Costa Rica
Tel: (506) 296-5715
Fax: (506) 232-0735