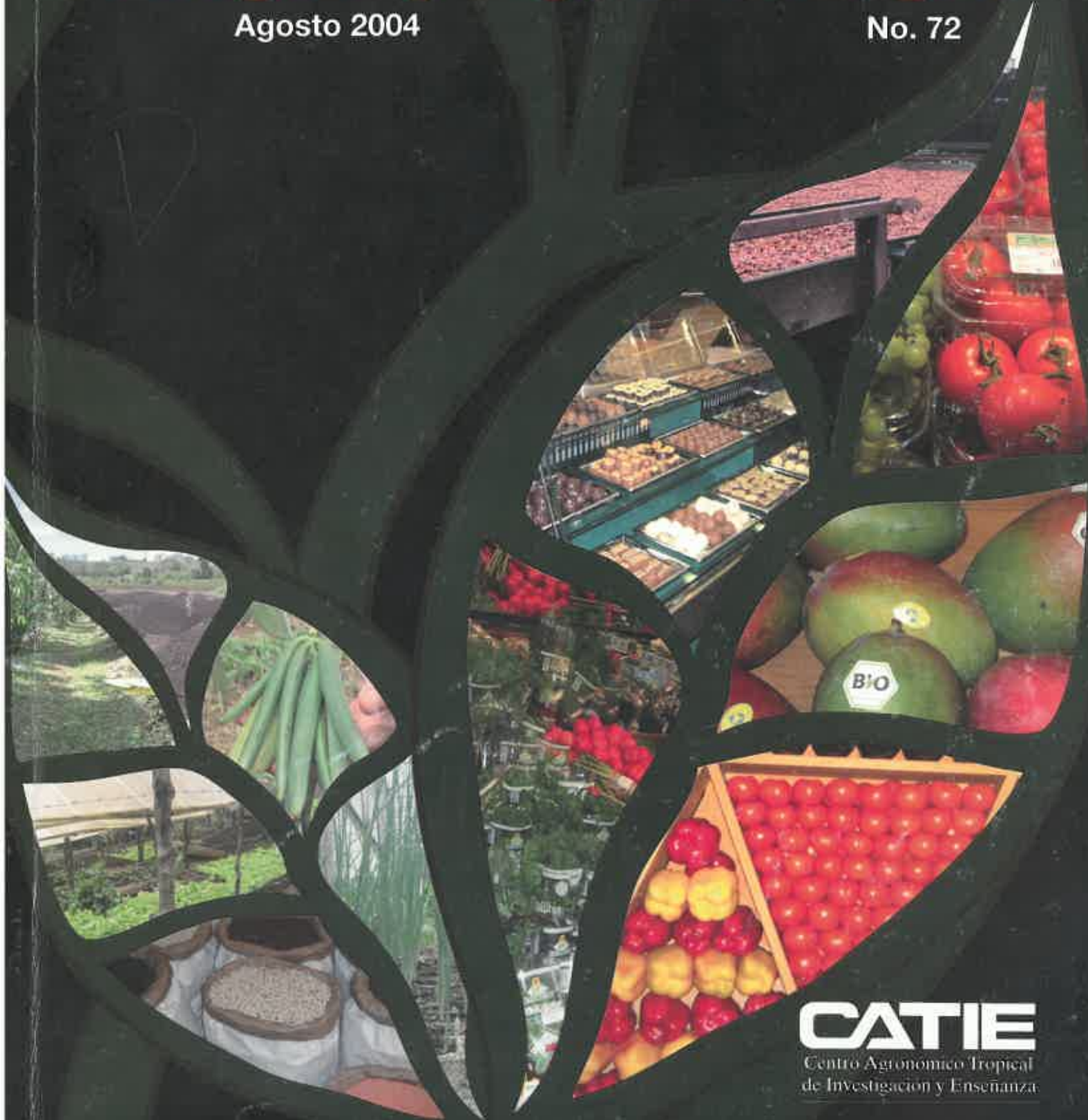


ISSN 1659-0082

Manejo Integrado de Plagas y Agroecología

Agosto 2004

No. 72



CATIE
Centro Agronómico Tropical
de Investigación y Enseñanza

Manejo Integrado de Plagas y Agroecología

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

Comité Editorial

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

Comité Internacional

Dr. David Williams
(USDA/FAS, Washington)
Dr. Miguel Altieri
(Universidad de California, Berkeley)
Dra. Ann Braun
(Paideia Resources, Nueva 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: Gabriela Gitli

Diseño y diagramación: Unidad de Comunicación

Secretaria: Yorlene Pérez

Versión electrónica: Guisselle Brenes y Yorlene Pérez

Tiraje

1150 ejemplares.

Correspondencia

Revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología
CATIE

7170 Turrialba, Costa Rica

Tel. (506) 558 2633/556 6431/558 2408

Fax: (506) 556 1576/556 1533

Correo electrónico: ggiltli@catie.ac.cr ó ccmip@catie.ac.cr

www.catie.ac.cr

Fecha de inicio y periodicidad:

No.1, setiembre, 1986.

Cuatrimstral (abril, agosto, diciembre).



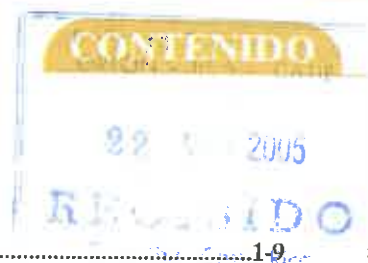
¿Cuáles son los distintos estilos de agricultura ecológica? ¿Qué posiciones filosóficas subyacen esos tipos de producción? ¿Cómo se relacionan los aspectos sociopolíticos y la agricultura ecológica? ¿Es posible una agricultura ecológica? El *Foro* de este número aborda dichas preguntas; por eso, en esta ocasión nuestra portada muestra algunos procesos y productos de la agricultura orgánica. Varios de esos productos fueron presentados en la Feria Mundial de Productos Biológicos, BioFach, que tiene lugar cada año en febrero, en Alemania.

(Fotos: Gabi Soto, CATIE)

Manejo Integrado de Plagas y Agroecología

Agosto 2004

No. 72



BIOGRAFÍA

Alexander Skutch: ¿el último gran naturalista? 1-9
Luko Hilje

FORO

Análisis de los estilos de agricultura ecológica 10-21
Róger Martínez Castillo

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

Identificación de un nuevo begomovirus en melón (*Cucumis melo* L.) en Lara, Venezuela 22-30
Pilar Ramírez, Mauricio Chicas, Jorge Salas, Douglas Maxwell, James Karkashian

Avaliação de fungos entomopatogênicos para *Ceratitis capitata* 31-38
Sérgio B. Alves, Luciana S. Rossi, Júlio M. M. Walder, Solange A. Vieira

Posibilidades del uso de nematodos entomopatógenos para el control de *Aeneolamia varia* en caña de azúcar 39-43
Francisco Ferrer, Miguel Arias, Alfredo Trelles, Gustavo Palencia, José M. Navarro, Rafael Colmenarez

Incidencia de moscas de la fruta de importancia económica sobre *Citrus aurantium* (Rutaceae) en Tucumán, Argentina 44-53
Pablo Schliserman, Sergio M. Ovruski

Termitas asociadas a plantaciones de *Eucalyptus* spp. en una reforestadora en Magdalena, Colombia 54-59
Ana I. Gutiérrez, Sandra Uribe, John A. Quiroz

Diversidad de especies de hormigas en un gradiente de cafetales orgánicos y convencionales 60-71
Nadiejda Barbera, Luko Hilje, Paul Hanson, John T. Longino, Manuel Carballo, Elfas de Melo

EXPERIENCIAS

Tecnología agrícola y conservación biológica en El Petén, Guatemala 72-85
Bruce G. Ferguson, Daniel M. Griffith

NOTA TÉCNICA

Detección del viroide de la exocortis en una plantación comercial de naranja dulce, utilizando la selección 861-S1 del cidro 'Etrog' (*Citrus medica* L.) 86-90
William Villalobos, Lisela Moreira, Víctor H. Alfaro, Gustavo Yglesias, Carmen Rivera

HOJA TÉCNICA

Cómo medir la calidad de los abonos orgánicos 91-97
Gabriela Soto, Gloria Meléndez

BOLETINES

Plagas Forestales Neotropicales 98-99

Boletín Acceso IICA 100-103

Boletín de Producción Orgánica 104-107

SECCIÓN INFORMATIVA

Futuros Eventos 108

Honrar honra

Hace varios años, como invitado al XXIII Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología (SOCOLEN), en Cartagena de Indias, me topé con una muy grata sorpresa: el expositor de la charla inaugural no era un entomólogo, sino un médico, y estaba allí para hablar sobre su padre, el Dr. Luis Ma. Murillo Quinche.

Confieso que nunca había oído hablar de este famoso fitoproteccionista colombiano, y cada argumento de su hijo me conmovió profundamente, no solamente por percatarme de sus numerosos y valiosos aportes en su campo, en medio de incontables dificultades, sino por el respeto y afecto con que su hijo, el Dr. Luis Ma. Murillo Sarmiento, se refería a él.

Semanas después, aún impresionado por la charla escuchada, se me ocurrió proponer al Comité Editorial de esta revista, la creación de una nueva sección, denominada *Biografías*, como una manera de rendir un tributo póstumo a aquellos pioneros cuyos aportes científicos han contribuido al desarrollo de los campos de la protección vegetal y la agroecología en América Latina y el Caribe y, a la vez, para estimular a las nuevas generaciones a seguir el ejemplo de estos modelos de científicos.

Por fortuna, esta iniciativa fue acogida y, entonces, por justicia a quien la indujo, contacté al Dr. Murillo quien, solícito, nos envió su versión escrita, la cual apareció en el No. 56 de la Revista (junio, 2000) inaugurando así dicha sección. Desde entonces hemos publicado otras 15 biografías, sobre los siguientes científicos: Juan E. Wille (Perú), Alvaro Santos Costa (Brasil), Ray F. Smith (EUA), Luis De Santis (Argentina), Dieter Enkerlin (México), Eddie Echandi (Costa Rica), Angelo Costa Lima (Brasil), Clorito Picado (Costa Rica), Patricio Cardín (Cuba), Robert Hart (EUA), Nikolai Vavilov (URSS), Joseph Saunders (EUA), Alexander von Humboldt (Alemania), Luis Fournier (Costa Rica) y Alexander Skutch (EUA). Si bien algunos de ellos no nacieron en nuestras tierras, supieron servir a nuestras instituciones y gentes, y hoy su legado intelectual y moral continúa vivo. Asimismo, incluimos una reseña histórica sobre los orígenes del IICA y el CATIE, puesto que decidimos ampliar la sección para abarcar instituciones que han realizado aportes relevantes en nuestro continente.

Aunque los textos aquí publicados normalmente corresponden a invitaciones que hacemos a autores específicos, deseamos aprovechar la oportunidad para invitar a los lectores a sugerir nombres de posibles homenajeados y, deseablemente, a escribir sus biografías.

En concordancia con la certera frase "*Honrar, honra*", del prócer José Martí, sentimos que al reconocer y perpetuar los aportes de tan selecto grupo de personas e instituciones, la imagen de nuestra Revista se enaltece. Asimismo, cabe indicar que, a mediano plazo, una vez que acumulemos un número razonable de estas biografías, esperamos compilarlas en un libro, para reunir en él el testimonio colectivo de esta obra pionera y visionaria en los campos de la protección vegetal y la agroecología.


Dr. Luko Nilje
Director

Revista *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*



Alexander Skutch: ¿el último gran naturalista?

Luko Hilje¹

Introducción

Acometer el estudio de la personalidad y el legado del Dr. Alexander Skutch no es una labor sencilla. Y esto es así no solo por su versatilidad profesional y vocacional, sino también porque su obra es extraordinariamente amplia y diversa.

Al respecto, su traductor y amigo Raúl Elvir se preguntaba en la Introducción de *La finca de un naturalista* (Skutch 1985): “¿Cómo definir la obra de Skutch? ¿Se trata de un naturalista, de un escritor, de un filósofo, de un poeta, de un hombre de ciencia, de un viajero? Probablemente sea eso y algo más”. Su biógrafo Carlos Luis Abarca, al contabilizar sus aportes en el libro *Alexander Skutch: la voz de la naturaleza* (2004), los segrega y analiza en dos capítulos claramente deslindados: uno como naturalista, científico y conservacionista, y el otro como filósofo. Asimismo, en un libro aparecido de manera casi simultánea a su muerte (Lewis 2004), se recopilan varios de sus textos, y se les organiza en las categorías de naturalista, ornitólogo y filósofo.

Por mi parte, no tengo la formación profesional (como botánico, ornitólogo o filósofo) necesaria para ponderar con propiedad sus mayores aportes. Pero, como biólogo, me he empeñado en divulgar su personalidad y su obra en varios artículos de prensa (Hilje 2000, 2001, 2004a, 2004b), así como mediante una entrevista incluida en nuestro libro *Los viejos y los árboles*, de la cual hay numerosas citas en el presente artículo, por ser tan amplia y rica. Siempre quise remarcar ante la comunidad nacional que teníamos entre nosotros a un ser excepcional, a quien nunca valoramos suficientemente, y de quien deseo resaltar en este artícu-

lo ciertas facetas muy llamativas que, de alguna manera, lo convierten en un notable modelo de científico y de ser humano.

El biólogo filósofo

La formación original de Skutch fue la botánica, y por eso vino a América Central a estudiar la anatomía de la hoja de banano para su tesis de doctorado, con el apoyo de la United Fruit Company. No obstante, durante una estadía en Panamá se dejó cautivar por las aves, por las cuales había sentido cierta atracción en su juventud. Esta decisión marcaría de manera determinante no solo su vida como científico —sus mayores aportes corresponden al campo de la ornitología—, sino también como sociobiólogo y filósofo, al estudiar animales y no plantas. Como ornitólogo fue una reconocida autoridad mundial, de lo cual dan fe unos 25 libros, entre los que figura la célebre *Guía de aves de Costa Rica* (escrita con Gary Stiles), así como más de cien artículos en revistas científicas periódicas. Lamentablemente, muy pocos de sus libros (Skutch 1984, 1985, 1991, 1997, 2000, 2001, Stiles y Skutch 1995) han sido traducidos al español.

En efecto, los prolijos estudios de campo de Skutch sobre la historia natural de las aves —en medio de incontables dificultades y peligros en nuestras montañas— representan un valioso aporte a la sociobiología, definida y popularizada por el entomólogo y etólogo Edward O. Wilson como “el estudio sistemático de las bases biológicas de todo comportamiento social” (Wilson 1980), en medio de una candente polémica que no es del caso resaltar aquí.

¹ Departamento de Agricultura y Agroforestería, CATIE, Turrialba, Costa Rica. ihilje@catie.ac.cr

Pero Skutch va más allá, pues trasciende lo sociobiológico —con todo y su valor intrínseco y su potencial para extrapolarlo y así entender mejor algunos aspectos del comportamiento humano— y se adentra en el mundo de la filosofía, donde los valores y la ética representan los ejes cardinales de su visión. En sus propias palabras:

“yo buscaba una filosofía de la vida que me pareciera adecuada y no encontraba una que me diera satisfacción. Después de mucho pensar, me parece que el punto de vista más alentador que podemos tener de este universo es hacer el esfuerzo, tratar de hacer algo, de hacer reales los valores que encerraba, que estaban escondidos. Durante millones y millones de años esos esfuerzos se han desarrollado para hacer más actuales los valores altos, espirituales, estéticos y morales” (Hilje *et al.* 2002).

En cuanto a sus inquietudes filosóficas, indica que, antes de llegar,

“tal vez tenía apenas las semillas, pero se desarrollaron aquí en Costa Rica, especialmente en esta finca, pues contaba con más tiempo de pensar en esas cosas, con los largos inviernos que tenemos”. Y agrega: “me interesaba la filosofía cuando era muy joven. Cuando entré al colegio ya había leído a Bergson, Spinoza y Spencer, especialmente los *First principles* de Herbert Spencer. De todos los filósofos es tal vez el que más ha influido en mi vida. Mi filosofía es en algunos aspectos muy parecida a la de Spencer, pero yo he pensado más en valores” (Hilje *et al.* 2002).

En síntesis, en virtud de sus ideas originales, el biólogo Skutch también es reconocido como un filósofo en nuestro medio, como lo atestigua su inclusión en el libro *Desarrollo de las ideas filosóficas en Costa Rica* (Láscaris 1983), además del número especial —hoy convertido en libro— de la Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica, titulado *Fundamentos morales. Una introducción a la ética* (Skutch 2000).

El naturalista residente

La mayoría de los naturalistas o cronistas que exploraron los trópicos —cuyos mayores representantes para nuestro continente son Charles Darwin, Alexander von Humboldt y Aimé Bonpland, secundados por otros como Gonzalo Fernández de Oviedo, José Celestino Mutis y Martín Sessé— fueron itinerantes, y varios de ellos vinieron en expediciones vinculadas con las necesidades expansivas de los países imperiales que representaban. Pero, a diferencia de ellos y de otros naturalistas llegados a nuestro país en diferentes épocas, Skutch fue más bien de espíritu sedentario, aunque pertinaz e incansable en sus agotadoras faenas de campo. Quizás el hecho de ser un naturalista residente explique, aunque no justifique, que en un valioso recuento histórico del desarrollo de la biología de campo en el país (Gómez y Savage 1983) se omitiera su nombre.



Casona del Dr. Skutch, inmersa en la vegetación de Los Cusingos. Nótese el techo del estudio (al fondo, a la derecha) desde donde produjo su vasta obra científica (Foto: Enrique Ramírez Guier).

Nacido en Baltimore, Maryland, el 20 de mayo de 1904, nunca salió de su estado para estudiar, y ni siquiera para su doctorado, obtenido en la Universidad Johns Hopkins. Ahí, fue a través de su mentor, el Dr. Duncan Johnson, que tuvo la oportunidad de venir a América Central (Abarca 2004). Tras el doctorado volvió a Panamá por un período corto, y después visitó Inglaterra y Alemania, viajó a Honduras (gracias al

apoyo de la United Fruit Company, de nuevo), y permaneció un tiempo en la Universidad de Cornell, en Nueva York.

Sin embargo, además de que era la época de la gran depresión económica mundial y costaba conseguir empleo, nada lo satisfacía a plenitud profesionalmente, por lo que con 28 años de edad y unos pocos ahorros decidió venirse para Guatemala (donde quería permanecer, pero le negaron la visa) y, tras breves viajes por el istmo centroamericano y Ecuador, instalarse en Costa Rica para siempre. Con excepción de una estadía de año y medio en Sarapiquí, para estudiar los hábitos del quetzal (*Pharomachrus mocinno*), así como de una expedición científica de seis meses a América del Sur, vivió siempre en el Valle de El General.

Para ganarse la vida, recolectaba y vendía especímenes botánicos gracias a contratos con varios museos de los EUA y Europa, lo cual aprovechaba para localizar y observar las aves en sus nidos. Tan productiva fue su labor que descubrió muchas especies nuevas y, cuando fueron descritas por los taxónomos botánicos, a al menos 43 de ellas se les asignó el epíteto con su nombre, ya fuera como *skutchii* o como *alexandri*. Ejemplos de ellas son *Quercus skutchii* y *Solanum alexandri*.

Sería la expedición a América del Sur, en 1940, en la búsqueda de fuentes de caucho, la que le permitió ahorrar y completar el dinero para comprar la finca Los Cusingos (nombre local del tucán *Pteroglossus frantzii*), en la cual moraría el resto de su vida y donde hoy reposan sus restos (sepultados en una sencilla tumba al lado de su estudio el 14 de mayo de 2004). Dicha expedición fue parte de la respuesta del gobierno de los EUA al hecho de que las mayores plantaciones del mundo estaban en el sureste de Asia, y durante la Segunda Guerra Mundial los japoneses habían sitiado el Pacífico, impidiendo el comercio de este producto de inmenso valor estratégico. Curiosamente, los esfuerzos de los EUA culminarían en el establecimiento de la estación experimental denominada La Hulera, en Turrialba, que indirectamente sería la precursora del IICA (hoy CATIE) en dicho cantón (Davis 1996, Hilje 2003).

Establecido desde 1941 en su finca, en el pequeño poblado de Quizarrá, donde vivió solitario y soltero hasta los 46 años, cuando se le unió doña Pamela Lankester (hija del cafetalero y naturalista inglés Charles Lankester), se mantuvo alejado del mundo urbano y

de la vida académica nacional. Especie de escondite rural, donde “si uno solo tiene por compañera a la naturaleza, eso lo acerca mucho a ella. Yo estaba solo, y tenía bastante tiempo para comunicarme con la naturaleza y con mis pensamientos” (Hilje et al. 2002). Años antes había trabajado en el Museo Nacional, pero le aburría el enclaustramiento, por lo que obtuvo un permiso para irse a trabajar al campo por varios meses. Asimismo, unos 20 años después impartió un curso de ornitología en la Universidad de Costa Rica, pero no soportó estar en la capital. Es decir, tenía un espíritu más bien silvestre, lo cual no significa que fuera hosco, montaraz o ermitaño. Cuentan sus vecinos que siempre interactuó con ellos y de manera jovial y, aunque la pareja no llegaría a tener hijos biológicos, adoptó uno, ya adolescente.

Fue desde allí, sin necesidad de emprender intermitentes y prolongadas expediciones, a diferencia de la mayoría de los naturalistas viajeros, que Skutch profundizó en la historia natural de las aves de una sola región —es decir, en las casi 100 hectáreas de Los Cusingos—, a la vez que desplegó un inusitado y colosal esfuerzo de pensamiento, plasmado en sus provocadoras e innovadoras obras filosóficas.

El científico naturalista

En contraposición con algunos naturalistas aficionados que carecían de estudios formales en ciencias, o de otros que tenían una formación enciclopedista, Skutch sí recibió un adiestramiento universitario formal, que lo condujo al doctorado académico. Es, por tanto, un científico convertido en naturalista. Una evidencia irrefutable de esto es la presencia de artículos científicos suyos en revistas del calibre de *Ecology*, *Torreyia*, *Auk*, *Condor* e *Ibis*.

Pero, además, a su calidad de escritor formal, en la que concurren la originalidad y la profundidad, se suma una notable habilidad literaria, mejor expresada en sus textos filosóficos y en su prosa descriptiva de la historia natural de las aves. Sus descripciones de la morfología y los hábitos de estas son sumamente minuciosas, casi fotográficas, lo que las convierte en vívidas representaciones de lo observado.

Y, en su formación humanista, no podía faltar el interés por la literatura. Además de que gustaba de algunos poetas —que cita en varios de sus textos—, se aventuró a escribir varias novelas y hasta un cuento para niños (Abarca 2004). En su novela *Merenda*, un romance juvenil en las montañas de Guatemala, de to-

no autobiográfico y pletórico de descripciones sobre el mundo natural, hay imágenes muy bellas, cargadas de lirismo, que no parecieran surgidas del alma y la mano de un científico convencional.

Asimismo, puesto que en el mundo de las ciencias fácticas se asume que lo cuantitativo es casi el único criterio de verdad, Skutch reivindica el aporte de los naturalistas y destaca el extraordinario valor que pueden tener las observaciones de tipo cualitativo. Con sumo pesar, indica que

“me da lástima ver que la ornitología hoy se ha vuelto muy matemática, con modelos. Para publicar en las principales revistas científicas [...] se necesita conocer mucha matemática y datos, y cuesta mucho leer la mayor parte de las contribuciones. Apenas se pueden leer dos oraciones sin que los autores interrumpen con modelos matemáticos [...]. Me parece necesaria la matemática pero no tanto como se usa en los artículos actualmente” (Hilje *et al.* 2002).

En síntesis, en Skutch convergen, de forma muy amena, los estilos de relato y escritura del científico formal y del naturalista, no solo de manera complementaria sino debidamente deslindadas, según el tipo de publicación y de lectores.



La máquina con la que el Dr. Skutch escribió su obra científica (Foto: Lizbeth Hernández).

El ser frugal, naturista y espiritual

Tuve la fortuna de visitar su casa tres veces, donde fue un verdadero gozo hallar a este hombre de ademanes lentos y mesurados, quien transpiraba bonhomía, sabiduría, armonía y gozo interior. Su indumentaria sencillamente

revelaba que prescindía de lo superfluo, para profundizar en las esencias de lo natural, lo humano y lo espiritual. Sin duda que había una inmensa concordancia entre esta forma de ser —como me lo han revelado varios amigos comunes que lo trataron más de cerca— y lo narrado en sus escritos.

Así, en consonancia con su inmersión en el mundo rural y natural, Skutch decidió privarse de ciertas comodidades y bienes, al igual que su paisano Henry David Thoreau (1817-1862), filósofo y naturalista que hiciera de su pequeña cabaña a orillas de laguito de Walden, en Massachusetts, un refugio para estudiar la naturaleza, leer a los clásicos de la literatura griega, latina e inglesa, y filosofar. Por ejemplo, Skutch decidió vivir sin corriente eléctrica —aunque los postes y cables estaban a apenas 400 metros de su casa— para no tener que cortar un reducto de bosque a orillas del río Peñas Blancas. Asimismo, consecuente con una decisión tomada a los 16 años de edad, mantuvo siempre hábitos vegetarianos, lo cual inculcaría a doña Pamela cuando se casaron.

Practicó lo que predicó, con una congruencia absoluta en todas sus actividades. Tan es así que, en contraste con la gran mayoría de los ornitólogos, evitó por completo la muerte, disección y taxidermia de las aves que estudiaba. Al respecto, confiesa que “yo no deseaba atrapar los pájaros. Con excepción de uno que otro gavilán que estaba persiguiendo gallinas, no he matado ni un solo pájaro”.

Y se lamentaba de las actuaciones de un colega, así:

“conozco a un hombre que mató cien colibríes con el fin de lograr ciertos datos y obtener un porcentaje. Es un error destruir la naturaleza de ese modo [...]. ¿Qué es más importante? ¿Ver la armonía de la naturaleza con otros seres vivos, lo que yo llamo bondad, o tener datos científicos? Siempre estoy contento con lo que pueda aprender sin dañar a los animales. No deben maltratarse o matarse animales en experimentos: da mucha pena. Solamente en algunos casos, cuando hay una verdadera necesidad” (Hilje *et al.* 2002).

Ampliando sus concepciones, remarca:

“yo no culpo a un agricultor que, para salvar su cosecha, debe matar a los animales que es-

tán destruyéndola. Lo que yo no puedo aguantar son los que matan animales por gusto, por deporte; no lo llamo deporte, lo llamo carnicería nada más [...]. Otro caso más o menos igual: las ratas. No me gusta matar ratas o ratones, pero si uno no los atrapa entran a la casa, destruyen la madera, los libros; me da mucha lástima, pero lo hago” (Hilje *et al.* 2002).

Esta actitud de respeto hacia los animales no solo es un reflejo de su aversión por la sangre —que le perturbó fuertemente desde niño—, sino la interiorización y la afirmación como norma de vida del principio oriental del *ahimsa*, que encarna el respeto absoluto por todas las criaturas vivientes, lo cual aplicó en su vida profesional y personal de manera firme y consecuente. Dicha actitud la resume así:

“yo distingo entre principios de conducta e ideales. El principio es un arreglo de vida que estamos propuestos a seguir sin excepción. Por ejemplo, en mí el ser vegetariano es un principio; no hago excepciones. Por supuesto, tomo leche, como queso y huevos, pero matar animales para comer, no; no me quiero comer ningún animal. Eso es un principio. Mi ideal es vivir en armonía con todos los seres, pero es un ideal que no podemos alcanzar por completo. Un ideal es una meta a la que podemos acercarnos poco a poco, tal vez más y más, pero no alcanzarla” (Hilje *et al.* 2002).

Por su parte, la dimensión espiritual de Skutch no es de tipo religioso, aunque sus inquietudes intelectuales lo condujeron a ahondar en las religiones. Por eso dice que

“cada uno de nosotros, si pensamos, necesitamos una orientación. Nos preguntamos por qué estamos aquí, qué es lo más valioso que podemos hacer con nuestras vidas y todo eso. En algunos aspectos considero que hay muy buenas ideas en las religiones. Pero parece que en las religiones que se llaman mundiales hay demasiados supuestos que hoy no se pueden probar. Esas religiones no ofrecen suficiente evidencia para poder yo aceptarlas” (Hilje *et al.* 2002).

Sobre el concepto de Dios, argumenta que

“nació en la imaginación de las mentes poco cultivadas, que no pueden distinguir muy bien entre lo que está dentro o fuera de sus mentes. Proyectaron sus ideas al mundo exterior para darse una idea de Dios, pero no estudiaron mucho la cuestión de Dios. Mi conclusión es que no sabemos nada respecto a Dios” (Hilje *et al.* 2002).

Sin embargo, es clara su atracción por algunos planteamientos de varias religiones orientales, al indicar que

“de todas las que he estudiado, el animismo es una de las que más me han gustado, especialmente por su apego a la filosofía de no dañar nada si se puede evitar. Por supuesto eso es esencial en el hinduismo y en el budismo también, pero otros aspectos de esas religiones no me gustan tanto. Me gusta el budismo porque es una religión apacible que no quiere dañar nada, que no quiere perseguir a personas que no crean como ellos, pero me parece demasiado negativa, pues procura escapar de los dolores de la vida más que gozar de lo bonito y bello que hay en ella, y esto último me parece muy necesario” (Hilje *et al.* 2002).

El conservacionista

En términos convencionales, Skutch fue un célebre ausente en lo que podría denominarse —a pesar de que lo sigo percibiendo como inorgánico y amorfo— el movimiento conservacionista costarricense. Vale decir, no fue un científico o naturalista que, armado con sus sólidos conocimientos biológicos y ecológicos hiciera denuncias o planteamientos beligerantes, ni tampoco propusiera planes, proyectos o políticas conservacionistas. Aunque era socio del Centro Científico Tropical (CCT), de la Asociación Costarricense para la Conservación de la Naturaleza (ASCONA) y, últimamente, miembro honorario de la Asamblea General del Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), él mismo reconocía su poca participación en dicho movimiento, y lo explicaba en parte por su desinterés de viajar a la capital,

“tal vez por no salir mucho y no mezclarme con la gente de afuera. Cuando yo llegué aquí, hace más de cincuenta años, San José era una de las ciudades que más me gustaba, tenía tal vez cincuenta o sesenta mil habitantes, pocos carros y aire fresco. Ahora siento horror de ir a San José: tanta contaminación, tanta bulla, tantos delincuentes” (Hilje *et al.* 2002).

Pero, en mi opinión, la razón de no ser un activista en el sentido estricto de la palabra, es mucho más profunda: Skutch tuvo un carácter introvertido y pacífico. En eso contrasta frontalmente con su homólogo Thoreau, quien a pesar de su crónico aislamiento en Walden fue un ideólogo y firme practicante de la desobediencia civil o resistencia pasiva —aquella que tanto Mahatma Gandhi como Martin Luther King llevaron a planos insólitos para beneficio de sus pueblos hindú y negro, respectivamente—, y que incluso le representó sufrir la cárcel. Sin duda, ese carácter, más su aislamiento e indagaciones existenciales, lo llevaron a concebir una idea propia en relación con el conservacionismo, que resumía así:

“si uno quiere ponerlo en un plano fundamentalmente filosófico [...], el hombre hace un aporte importante a la naturaleza con solamente la apreciación. La conservación y la protección, sin la apreciación, no valen mucho, pero la verdadera apreciación siempre incluye la idea de proteger” (Hilje *et al.* 2002).

Este podría ser su mayor aporte al conservacionismo, por cuanto se presta para convertirse en el elemento medular de procesos educativos formales e informales orientados a la valoración de los recursos naturales como verdadera vivencia.

Cabe indicar que una valiosa pero casi desconocida contribución suya al conservacionismo y a la agroecología son sus estudios pioneros sobre los cafetales como refugios y hábitats para aves migratorias durante el invierno en el hemisferio norte. Esto se ha capitalizado acertadamente entre cierto tipo de consumidores de café en los países desarrollados, quienes están dispuestos a pagar precios preferenciales por el café proveniente de cafetales en los que se preservan los árboles de sombra (Perfecto *et al.* 1996). Al respecto, señala:

“Cuando yo llegué aquí había muchos cafetales; en cada finca había un cafetal de cualquier tamaño, con sombra natural, y casi no usaban plaguicidas. Esos cafetales eran muy buenos para los pájaros. Algunos de mis estudios más interesantes los hice en esos cafetales, porque en los árboles más altos, especialmente de guaba y en arbustos de café más altos, no esos bajitos que se usan ahora, anidaban los pájaros. El cafetal era un lugar precioso para estudiar los pájaros; ahora no, casi no tienen sombra, tienen arbustos bajos y muchos plaguicidas” (Hilje *et al.* 2002).

Y, tras destacar que incluso los antiguos cañaverales favorecían a cierta fauna silvestre como sitios de anidación del yerre o gongolona (*Crypturellus soui*), manifiesta su vocación por la agricultura conservacionista:

“Nosotros cada año sembramos una milpa al estilo viejo, como lo hacían los indios, como los primeros agricultores en este valle. Nunca ponemos ni una libra de veneno en las milpas y siempre cosechamos, porque están aisladas de otras milpas por montañas. La pérdida más grande que tenemos es por los ladrones, y segundo por los vientos fuertes; después de eso, si no llegan los monos, tenemos pérdidas que no pasan de un diez por ciento. No tenemos gastos: solo limpiar, sembrar y cosechar” (Hilje *et al.* 2002).

Asimismo, como se indicó previamente, al resaltar su dimensión de biólogo y filósofo, los valores y la ética representan la médula de su cosmovisión, forjada en medio de su entorno natural y aplicada de manera original al campo de la conservación de la naturaleza:

“La ética consiste en proteger [la naturaleza] con los valores que existen. Hay dos actitudes ante la conservación, que son muy diferentes. Algunos creen que lo importante es conservar las especies, y que el individuo no importa mucho. No importa si mato muchos individuos de una especie que es bastante abundante y no está en peligro de extinción. Si la especie está debilitada y tiene pocos ejemplares, matar a uno de ellos es un gran

crimen. Como yo lo veo, es tan importante la vida de un animal si es el último de su especie como si es uno entre un millón. Es ese aspecto de la relación con la naturaleza lo que más me preocupa” (Hilje *et al.* 2002).

Por su parte, en relación con el vínculo entre el humanismo y la conservación de la naturaleza, indica que existen varias concepciones o matices de humanismo. De hecho, convencionalmente se cuenta con las siguientes tres acepciones de dicho término (RAE 2001): “cultivo o conocimiento de las letras humanas”, “movimiento renacentista que propugna el retorno a la cultura grecolatina como medio de restaurar los valores humanos” y “doctrina o actitud vital basada en una concepción integradora de los valores humanos”. Sin embargo, critica fuertemente al humanismo en su relación con la naturaleza, al señalar que

“en general los humanistas no piensan lo suficiente en la naturaleza [...]. Tal vez las religiones, especialmente las de Oriente, van más allá del humanismo: la armonía debe ser con el cosmos, no solo con la humanidad. El humanismo quiere hacer una casa muy cómoda para la gente y dejar a todos los demás afuera, y no me gusta eso” (Hilje *et al.* 2002).

Finalmente, por su riqueza analítica y valor crítico, cabe resaltar algunos planteamientos originales de Skutch en los que se amalgaman de manera coherente sus ideas conservacionistas con conceptos ecológicos y evolutivos firmemente aceptados en el mundo científico y en la academia que, de alguna manera, él coloca en entredicho. Por ejemplo, en contraposición con la armonía o balance natural que los ecólogos resaltan como parte de la maravillosa homeostasis propia de las poblaciones y comunidades naturales, Skutch remarca que

“no hay armonía natural. Hay un balance de la naturaleza que es un balance de desarmonías. Es la violencia guardada dentro de ciertos límites. Debemos hacer grandes esfuerzos para conseguir armonía, pero dentro de la naturaleza no podemos lograr una total armonía. Sí podemos conservar el balance, eso es todo” (Hilje *et al.* 2002).

Y, en cuanto a la competencia, que junto con la depredación son consideradas como las dos grandes fuerzas modeladoras del proceso evolutivo, indica que

“no podemos alcanzar una armonía completa en la naturaleza, con tantos organismos que hacen competencia con otros, se destruyen, se comen [...]. Yo he dicho que la depredación es un mal necesario [...]. Es una lástima que la naturaleza se creó con la depredación y que nosotros no podamos cambiarla” (Hilje *et al.* 2002).

En cambio, aunque los términos se parecen y pudieran confundirse, a diferencia del de armonía él sí cree y postula un concepto original, el de armonización, que cataloga como el principio rector del mundo natural — desde los átomos hasta el sistema solar— e implica la construcción de patrones ascendentemente complejos a partir de elementos sencillos, y lo explica así:

“Por ejemplo, la creación de un átomo es un ejemplo de armonización, porque varios átomos que están sueltos se unen en un patrón estable y un cristal lleva ese movimiento a más alto grado, porque en el cristal muchas moléculas de átomos se unen de una manera armoniosa que es estable y muy linda. Otro ejemplo de la armonización es el crecimiento de una planta verde. Todo es muy sencillo: agua, aire, carbón del aire y sales de la tierra, eso crea un nuevo organismo que es muy complejo” (Hilje *et al.* 2002).

Pero sus percepciones y argumentos van más allá —podría pensarse que incluso de manera atrevida—, al extrapolarlos para explicar el sentido y los mecanismos del proceso de la evolución orgánica, así:

“para mí el curso de la evolución es la armonización [...]. La mutación y selección son apenas formas de dar otros rumbos a la cuestión de la armonización. [...] Para mí la armonización es primaria, prioritaria, el movimiento del contenido del universo para organizarse en patrones más amplios y más integrados. Lo que hace la evolución es que crea otros patrones por medio de las mutaciones, crea otro modo de vida, otra estructura, y ésta tiene que probarse en la lucha por

la vida. Los que se adaptan bien al ambiente y a las situaciones de la vida siguen evolucionando y los demás son exterminados” (Hilje *et al.* 2002).

Esto desemboca en un argumento con rasgos claramente teleológicos —lo cual es tan polémico en la teoría evolutiva—, en el sentido de que hay una direccionalidad u orientación inexorable y positiva en la evolución del mundo natural:

“yo veo en la naturaleza el esfuerzo de subir a mayores alturas, mayores valores; ese es el aspecto más confortable que yo puedo encontrar en la naturaleza, ese movimiento por elevar la vida y el valor de todo. Cuando concordamos con esto podemos conseguir grandes cosas que coinciden con el movimiento principal del universo” (Hilje *et al.* 2002).

Y, aunque él no recurre al concepto de un Dios como supremo hacedor o rector del universo —como se indicó en párrafos previos—, estos argumentos culminan en una visión de gran trascendencia y responsabilidad para la especie humana como tutora de la naturaleza, pero debatida en su dualidad al concitar sus capacidades intelectuales —para pensar, apreciar y cuidar— con sus impulsos destructivos:

“solo nosotros estamos esforzándonos mucho para entender la naturaleza y el universo, sus fines, sus propósitos. Me parece que el ser humano es una parte importante de la naturaleza, pero al mismo tiempo es la parte más peligrosa. Tenemos ambas partes unidas. Tenemos que evitar ser ese peligro tan grande para la naturaleza y desarrollar el aspecto espiritual más ampliamente, pues es muy importante para completar la naturaleza” (Hilje *et al.* 2002).

Colofón

Pienso que la caracterización del Dr. Skutch en cada una de estas cinco facetas es útil con propósitos analíticos, aunque se corre el riesgo de fragmentar sus aportes, atentando contra el valor que representan su unicidad, integralidad y completitud, las cuales son su mayor riqueza.

Ahora bien, ¿son discutibles sus planteamientos sobre ecología, evolución y filosofía? Por supuesto, co-

mo todo en ciencia, donde no hay conceptos inmutables. Pero, proviniendo de una mente tan profundamente auscultadora de la naturaleza y de gran conocimiento y dominio de la teoría ecológica y evolutiva moderna, así como estudiosa del pensamiento de numerosos y destacados filósofos, ameritan un estudio y atención cuidadosos. Es decir, sus ideas son profundas y coherentes, maduradas y decantadas por largos años de observación y reflexión inmerso en el mundo silvestre que eligió como morada permanente.

No es mi intención que este texto se convierta en un panegírico, sino más bien en la irrefutable evidencia de que hasta el 12 de mayo de 2004 tuvimos entre nosotros a este ser polifacético, luminoso y bondadoso, pero tan poco conocido y valorado en nuestro medio. Y a apenas una semana de cumplir su centenario, tras un día de actividad normal y lucidez, por la noche su vida se extinguió en su vieja y cálida casona de madera en Los Cusingos, en absoluta paz. Quizás ni siquiera tuvo tiempo de evocar su aserto de que “la muerte es el más importante de todos los males, pero debemos afrontarla con coraje” (Hilje *et al.* 2002) y, menos aún, percatarse de que, como el noble indio Andrés —protector de la encantadora y mágica Merenda— ya entraba a dormir para siempre “un sueño sin ensueños ni problemas, la plenitud y perfección de todo sueño” (Skutch 1997).

Alguna vez, a propósito de Jimmy, un formicárido al cual él bautizó así y del que dijo que “ningún otro pájaro libre llegó a intimar tanto conmigo. Su confianza en mi inocencia alegraba mi corazón” (Skutch 1985), le preguntamos si existiría algún tipo de magnetismo entre los animales y nosotros, a lo cual replicó que “algunas veces he pensado en eso, pero no tengo pruebas. Tal vez hay una comunicación psíquica entre nosotros y la naturaleza, pero es un poco difícil de corroborar” (Hilje *et al.* 2002).

Sin embargo, tras su muerte, las aves a las que todos los días les dejaba frutas en los comederos cerca de su casa no las comieron (Montero 2004). Además, el día de su entierro, su pupilo y amigo Noel Ureña oró para que hubiera algún tipo de manifestación de las aves por la muerte de su amado protector y, cuando el féretro se acercaba a Los Cusingos, en la rama de un árbol a la orilla del camino había un hermosísimo gavilán penachudo (*Spizaetus ornatus*) con las alas desplegadas, ave muy difícil de ver en la zona, y por la cual don Alexander sentía un afecto particular.

Independientemente de las interpretaciones de esta “despedida de las aves” (Montero 2004), lo cierto es que con él se fue ese ser también silvestre, no solo incapaz de causar daño a las aves, sino cálido amigo y benefactor de ellas, así como tutor de esas montañas y de todas sus criaturas.

Y con él se fue posiblemente el último gran naturalista del planeta, especie en franco proceso de extinción. Pero en su caso fue mucho más que eso, pues a las ciencias naturales supo sumar sus profundos aportes filosóficos, así como su actitud de genuino y consecuente respeto hacia la naturaleza y hacia los más altos valores de la especie humana. Por eso alguna vez lo describí, creo que con acierto, como “uno de aquellos pocos mansos de espíritu, bienaventurados que merecen los reinos de la tierra y el cosmos, la eternidad” (Hilje et al. 2002).

Literatura citada

- Abarca, CL. 2004. Alexander Skutch: la voz de la naturaleza. Heredia, CR, Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio) y Centro Científico Tropical (CCT). 156 p.
- Davis, W. 1996. One river: explorations and discoveries in the Amazon rainforest. New York, US, Simon & Schuster. 539 p.
- Gómez, LD; Savage, JM. 1983. Searchers of that rich coast: Costa Rican field biology, 1400-1980. In Janzen, DH. ed. Costa Rican natural history. Chicago, US, The University of Chicago Press. p. 1-11.
- Hilje, L. 2000. El sabio Skutch. La Nación, San José, CR, ene. 11:14A.
- _____. 2001. Premio para el Dr. Skutch. Semanario Universidad. San José, CR, jul. 20:19.
- _____; Jiménez, W; Vargas, E. 2002. Alexander Skutch. In Los viejos y los árboles. San José, CR, Editorial Universidad de Costa Rica: Instituto Nacional de Biodiversidad. p. 197-247.
- _____. 2003. El caucho, un hongo y la guerra: los orígenes del CATIE en Turrialba. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología 69:1-5.
- _____. 2004a. ¡Feliz centenario, Dr. Skutch! La República, San José, CR, may. 15:15.
- _____. 2004b. Más sobre el Dr. Skutch. La República, San José, CR, set. 14:15.
- Láscaris, C. 1983. Desarrollo de las ideas filosóficas en Costa Rica. San José, CR, Editorial Studium. p. 301-308.
- Lewis, H. 2004. Alexander Skutch: An appreciation. Mount Jackson, Virginia, EUA, Axios Press. 293 p.
- Montero, RE. 2004. La despedida de las aves. La Nación, San José, CR, may. 23(supl. Ancora):3.
- Perfecto, I; Rice, RA; Greenberg, R; Van der Voort, ME. 1996. Shade coffee: A disappearing refuge for biodiversity. BioScience 46: 598-608.
- RAE (Real Academia Española). 2001. Diccionario de la lengua española. 22 ed. Tomo II. Espasa-Calpe. Madrid, España. 2349 p.
- Skutch, AF. 1984. Aves de Costa Rica. San José, CR, Editorial Costa Rica. 148 p.
- _____. 1985. La finca de un naturalista. San José, CR, Asociación Libro Libre. 466 p.
- _____. 1991. El ascenso de la vida. San José, CR, Editorial Costa Rica. 347 p.
- _____. 1997. Merenda: un romance en las selvas del trópico. San José, CR, Halder Books. 203 p.
- _____. 2000. Fundamentos morales. Una introducción a la ética. Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica 28, 265 p.
- _____. 2001. Un naturalista en Costa Rica. Heredia, CR, Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio) y Centro Científico Tropical (CCT). 480 p.
- Stiles, FG; Skutch, AF. 1995. Guía de aves de Costa Rica. Heredia, CR, Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio). 580 p.
- Wilson, EO. 1980. Sociobiology; the abridged edition. Cambridge, MA, US, The Belknap Press of Harvard University Press. 366 p.

Análisis de los estilos de agricultura ecológica

Róger Martínez Castillo¹

RESUMEN. La crisis ecológica provocada por las prácticas agrícolas preconizadas desde las ciencias agroindustriales del modelo de desarrollo dominante ha generado el surgimiento de diferentes propuestas, de muy diversa índole y compromiso, que pretenden solucionar la degradación de los agroecosistemas en el mundo. Para ello, se analiza la agricultura ecológica, desde los diversos enfoques teóricos, confrontándola con la agricultura convencional. Se caracterizan sus variantes, entre las cuales resaltan la agricultura orgánica-biológica, biodinámica, natural y permacultura. El tema emergió desde el estudio de la agricultura ecológica en los círculos académicos exclusivos hasta la creación del movimiento ambiental mundial, llegando el momento de reflexionar sobre los distintos estilos de agricultura ecológica que se han ido conformando hasta la actualidad. La agricultura ecológica aborda necesariamente los aspectos sociopolíticos, por ser producto de su contexto histórico, tomando en cuenta el papel de las transnacionales, organismos mundiales, gobiernos y élites dominantes. El enfoque ecológico es positivo sólo cuando es producto de una perspectiva social crítica del orden existente, con valores morales, espirituales y ecológicos de carácter paradigmático.

Palabras clave: agricultura biodinámica, agricultura ecológica, agricultura natural, agricultura orgánica, permacultura.

ABSTRACT. Different approaches to ecological agriculture. The ecological crisis caused by mono-cultivation practices, sponsored by the agro-industrial agricultural sciences of the dominant structure of development, has engendered the emergence of different proposals from diverse sources and levels of commitment, which attempt to resolve the deterioration of agro ecosystems in the world. Ecological agriculture is analyzed by means of different theoretical approaches, confronting it with conventional agriculture. Its variations are characterized, including organic-biological, biodynamic and natural agriculture, and permaculture. The subject emerged from the study of ecological agriculture in academic circles, and arrived at the creation of the worldwide environmental movement. The time has come to reflect upon the different styles of ecological agriculture that have been developing until the present time. As a result of its historical context, ecological agriculture must address socio-political aspects, taking into account the role of transnational companies, worldwide organizations, governments, and the ruling elites. The ecological approach is positive only when it is a product of a critical social perspective of the existing order, with moral, spiritual, and ecological values of paradigmatic nature.

Key words: Biodynamic agriculture, ecological agriculture, natural agriculture, organic agriculture, permaculture.

Introducción

Anteriormente, el debate sobre la agricultura ecológica en los círculos académicos estuvo centrado en la confrontación entre la agricultura convencional y la ecológica. El término “agricultura ecológica” se refie-

re a la agricultura biológica, orgánica, biodinámica y todas aquellas que no utilizan productos químicos. En general, la escasa voluntad de acercamiento y comprensión entre las dos propuestas, sus intereses diver-

¹ Universidad de Costa Rica y Universidad Nacional, San José, Costa Rica. yarustio@hotmail.com, rmartine@una.ac.cr

gentes y la postura defensiva adoptada por ambas, desvirtúan el debate interno sobre los diferentes estilos de agricultura ecológica que habían ido surgiendo durante este siglo, dando una falsa imagen de unicidad.

En la actualidad, el reconocimiento de la agricultura ecológica en diversas universidades y organismos internacionales, la existencia de experiencias tradicionales exitosas en aspectos técnicos y comerciales, y la grave crisis de la agricultura convencional han contribuido a superar dicha controversia. Es el momento para reflexionar sobre los distintos estilos de agricultura ecológica que se han ido conformando hasta la actualidad.

El estilo de agricultura es una respuesta activa a las condiciones ecológicas locales y condiciones socioeconómicas relevantes; representa una entidad específica de discurso y práctica basada en un saber y un conocimiento específicos lo cual conlleva una reestructuración específica de la organización de la mano de obra en tiempos y espacios concretos. Además, el estilo de agricultura representa conexiones particulares entre dimensiones económicas, sociales, ecológicas y tecnologías (Ploeg 2000).

El concepto de estilo de manejo del agroecosistema explicita una unidad de análisis, definida como *el conjunto de explotaciones que poseen análoga naturaleza respecto a las tecnologías agrarias utilizadas, fruto de un conocimiento local común y de análogas estrategias de producción, reproducción y consumo* (Guzmán 2000).

Antes de caracterizar la forma de manejo del agroecosistema que permite su adjetivación de “ecológica”, es imprescindible reflexionar sobre la terminología que la literatura científica emplea en su discurso. En este sentido, el tema no puede quedar restringido a un problema meramente semántico, ya que la denominación de todo fenómeno responde al marco sociopolítico en que surge, siendo producto de su contexto intelectual y su coyuntura histórica. Por ello, la forma rigurosa de caracterizar un concepto debe partir del análisis de la tradición intelectual en que nace y se desarrolla.

La agricultura ecológica es una forma de manejo del agroecosistema distinto al de la agricultura agroindustrial. La expresión “agricultura alternativa” tuvo un fuerte éxito inicial, contando con el apoyo oficial de la Administración de Estados Unidos (NRC 1989), que la definió como:

“Un sistema de producción de alimentos y fibra que persigue sistemáticamente los siguientes fines:

- Mayor incorporación de los procesos naturales, como el ciclo de nutrientes, fijación de nitrógeno, relaciones depredador-presa, etc., en los procesos de producción agrícola.
- Reducción en el uso de los insumos con mayor potencial de perjudicar el ambiente y la salud de los agricultores y los consumidores.
- Incrementar el uso productivo del potencial biológico y genético de las especies de plantas y animales.
- Asegurar la sostenibilidad de los actuales niveles de producción adecuando el modelo y el potencial productivo a las limitaciones físicas de las tierras de cultivo.
- Eficiencia productiva con énfasis en la mejora del manejo y la conservación del suelo, agua, energía y los recursos biológicos.”

No obstante, esta conceptualización tuvo una vida efímera, ya que su preocupación ambiental era tan lata como su precisión semántica. Así, el Consejo Nacional de Investigación norteamericano explica que la agricultura alternativa no es un conjunto de prácticas de manejo, sino que incluye un espectro de sistemas agrícolas, que van desde el sistema orgánico, que no utiliza los insumos químicos sintéticos, hasta aquellos que incluyen un prudente uso de plaguicidas o antibióticos para el control de ciertas plagas y enfermedades. Por tanto, este término incluye propuestas con ciertas similitudes pero con profundas diferencias, tales como la agricultura biológica, orgánica, regenerativa, de bajos insumos, biodinámica, natural o sostenible, etc. Es decir, enfatizaba en lo técnico y evitaba un análisis sociopolítico, así como entrar en contradicción directa con el modelo agrícola dominante de Monsanto, Dupont, Cargil y otras empresas transnacionales.

En este artículo se pretende aclarar el contenido de estos términos. Por otra parte, el término de agricultura alternativa no obtuvo el mínimo consenso necesario, debido a las connotaciones peyorativas que adquiriría al significar literalmente “cualquier otra diferente de la existente”. Pero lo importante no es cómo se denomina, sino sus características de quién y por qué y para qué se hace un determinado tipo de agri-

cultura; es decir, lo importante no son las coyunturas, sino los procesos que contextualizan y dan sentido a los conceptos, para buscar alternativas a la estructura vigente. En la década de los sesenta, la preocupación ambiental constituyó un fenómeno social que en occidente adquiere una conciencia cada vez más hipersensibilizada. La degradación del ecosistema, la polución y la contaminación generadas por la forma de producir originaron la multitud de nuevas asociaciones de defensa y protección de la naturaleza.

Los conceptos y métodos de la ecología —hasta entonces conocidos solo por una pequeña minoría académica— pasaron al lenguaje público. Los términos “ecosistema”, “flujos energéticos”, “biosfera” y otros se incorporaron al debate del entonces emergente movimiento ecologista. Tal fenómeno científico y social incluye todos los niveles de la realidad: el biológico y cultural, el individual y colectivo, el político, económico e ideológico. La novedad no es la amplitud de la degradación sino, sobre todo, la conciencia masiva de la misma. La aplicación a la agricultura de esta conciencia y sensibilidad se denomina “alternativa”: biológica, en el mundo latino y germano; orgánica, en el mundo anglosajón; y ecológica en Escandinavia y España.

En este trabajo se utilizan como sinónimos las expresiones agricultura biológica y orgánica, porque ambas pretenden afrontar el problema de la degradación del medio y producir alimentos sanos. En este sentido, aunque con sus particularidades, otros tipos de agricultura antes apuntados (biodinámica, natural, permanente, etc.) no son sino subespecies de esta agricultura biológica u orgánica.

Al finalizar la década de los setenta, antropólogos, agrónomos y sociólogos se plantearon abordar la cuestión agraria ambiental desde el llamado Tercer Mundo. Esta corriente intelectual se enfrenta a la agricultura industrializada, que hasta entonces había considerado al campesinado (indígena) como un residuo anacrónico: “El porvenir de la organización de la producción agrícola parece depender de una nueva tecnología centrada en el manejo inteligente del suelo y de la materia viva por medio del trabajo humano, utilizando poco capital, poca tierra y poca energía inanimada”. El modelo antagónico de la empresa capitalista tiene ya su plataforma en el sistema campesino o indígena (Palerm 1980). Este enfoque se conoce como “agroecología”, y pretende crear las bases científicas de la agricultura ecológica, para generar políticas de

desarrollo local que encaren el problema del “subdesarrollo”.

La agroecología es una ciencia o enfoque transdisciplinario que estudia los principios sobre los cuales se debe basar el diseño de una agricultura sustentable; es decir, “una agricultura que sea ambientalmente sana, que sea diversificada y que rompa con el monocultivo e insumos agrotóxicos externos, que son ecológicamente peligrosos” (Altieri y Nicholls 2000). La agroecología busca la viabilidad económica y la justicia social. Por eso, debe complementarse con políticas agrarias que integren la seguridad alimentaria, la conservación de los agroecosistemas y la eliminación de la pobreza rural; lo que realmente se denomina como “agricultura sustentable”. Para ello, debe haber una voluntad estructural que favorezca a la agroecología como política pública, clave para el desarrollo de una agricultura sustentable.

Así, pues, nos encontramos ante dos grandes enfoques: uno, el de las agriculturas orgánicas o biológicas, surgido en las sociedades industrializadas para, desde ellas, resolver los problemas de degradación de la naturaleza y alimentar sanamente a su población, y otro, la agroecología, que pretende partir desde el campesinado tradicional para resolver, junto a los anteriores, los problemas del Tercer Mundo.

Además, existe la expresión generalizada de “agricultura de bajos insumos externos”. Esta agricultura se presenta como antítesis de la agricultura industrializada o con alto uso de insumos externos. El primer tipo de agricultura se basa en el uso de los insumos locales (de la propia finca o el entorno próximo). El dramático impacto que ha tenido el intento de extender la agricultura industrializada al Tercer Mundo para resolver los graves problemas de alimentación mediante la llamada “revolución verde” y la agrobiotecnología (transgénica) ha hecho reaccionar a determinados sectores de la administración e investigación agraria que reivindican una nueva ética profesional, en la que la agricultura de bajos insumos externos sea el objetivo central, siempre y cuando esté vinculada a formas de desarrollo rural participativo, donde la propia población participe en los procesos de diseño de las tecnologías agrarias. Esta propuesta es defendida por el *Information Centre for Low-External-Input and Sustainable Agriculture* (ILEIA), conocida como *Participatory Technology Development*, cuyas metodologías de experimentación en finca coinciden con las de la agroecología (Guzmán *et al.* 2000).

Estos mismos enfoques coinciden con la investigación, extensión e implementación que aplican algunas organizaciones no gubernamentales o instituciones periféricas respecto a los grandes centros de investigación y docencia del primer mundo que trabajan en los países pobres.

No obstante, la mala conciencia agroindustrial respecto a los estragos causados por la revolución verde ha llevado también a diversos organismos internacionales a orientar las formas de agricultura industrializada que se aplican en el Tercer Mundo hacia sistemas agrarios de bajos insumos externos, a todo un amplio rango de actividades y enfoques diversos vinculados a la investigación agraria, que se conoce como *Farming Systems Research* (Gibbon 1992). Durante la última década, este enfoque se ha tratado de emplear también en las sociedades industrializadas avanzadas, para mitigar el problema ecológico causado por la agricultura industrializada, pero sin tener en cuenta la dimensión local y participativa y el problema ético, reduciendo este enfoque a una simple disminución de insumos (nitrógeno, etc.) (Sevilla y Woodgate 1997). Un caso particular es el de la agricultura integrada (integra los animales con los cultivos), que trata de disminuir la contaminación originada por la agroindustria combinando el control biológico y químico de las plagas (su nombre surge del manejo integrado de plagas), optimizando el uso de fertilizantes químicos.

Concepto de agricultura ecológica

La agricultura ecológica se define como el conjunto de prácticas agrícolas tradicionales conservadoras sobre el manejo del agroecosistema (Lemkow y Buttell 1983). Esta se populariza a partir de la crisis ecológica, y tiene como punto de confluencia el rechazo total a los productos químicos y al uso de organismos transgénicos. La agricultura ecológica se caracteriza por el manejo del agroecosistema (suelo, clima, semillas, etc.) y factores sociales (tenencia, tecnología, economía, cultura, etc.) desarrollando al máximo las potencialidades locales.

La agricultura ecológica tiene una clara base agronómica, aunque hasta ahora solo haya sido establecida por la *International Federation of Organic Agricultural Movements* (IFOAM 1989). Las Normas Técnicas del Consejo Regulador de Agricultura Ecológica español (CRAE) transcriben dicha legislación; así, los objetivos que cualquier sistema agrícola debe cumplir para ser calificado como ecológico se pueden resumir en los siguientes (CRAE 1990):

- Producir alimentos de alta calidad nutricional en cantidades suficientes.
- Trabajar con los sistemas naturales más que pretender dominarlos.
- Fomentar y potenciar los ciclos biológicos dentro de la explotación, implicando microorganismos, flora y fauna edáficas, plantas y animales.
- Mantener e incrementar, en el largo plazo, la fertilidad de los suelos.
- Usar los recursos renovables en sistemas agrícolas organizados localmente.
- Trabajar, tanto como sea posible, en un sistema cerrado, con especial atención a la materia orgánica y los elementos nutritivos.
- Brindar condiciones de vida al ganado tales que le permitan desarrollar todos aquellos aspectos de su comportamiento innato.
- Evitar todas las formas de polución que puedan resultar de las técnicas agrícolas.
- Mantener la diversidad genética del sistema agrícola y sus alrededores, incluyendo la protección de plantas y del hábitat silvestre.
- Permitir a los productores unos retornos económicos adecuados y satisfacción por su trabajo, incluyendo un ambiente de trabajo seguro.
- Considerar el amplio impacto que genera, en los ámbitos social y ecológico, un determinado sistema de explotación agrícola.

Según Lampkin (1994), ello se consigue a través de:

- La protección en el largo plazo de la fertilidad del suelo mediante el mantenimiento de los niveles de materia orgánica, la estimulación de la actividad biológica del suelo y un laboreo cuidadoso.
- El aporte indirecto de nutrientes a los cultivos mediante el uso de fuentes de nutrientes relativamente insolubles, los cuales son puestos a disposición del cultivo por la acción de los microorganismos del suelo.
- La autosuficiencia de nitrógeno, a través del uso de leguminosas y la fijación biológica de nitrógeno, así como de un reciclaje efectivo de materiales orgánicos, inclu-

yendo los residuos de cultivo y el estiércol.

- El control de malezas, enfermedades y plagas, mediante la rotación de cultivos, el estímulo de depredadores naturales, el incremento de la biodiversidad, el uso de abonos orgánicos, variedades resistentes, e intervenciones térmicas, biológicas y químicas limitadas.
- El manejo extensivo del ganado, prestando atención a su comportamiento innato y a su bienestar con respecto a la nutrición, alojamiento, salud, reproducción y cría.
- El control del impacto potencial sobre el ambiente, la vida salvaje y los hábitats naturales.

La bondad de la propuesta desde el punto de vista ecológico es innegable. Sin embargo, es evidente la ausencia de soluciones concretas a los problemas ecológicos ligados a la producción agrícola en zonas climáticas diferentes a la templada, como la erosión hídrica o eólica, el uso eficiente del agua de riego y la deforestación, entre otros. Por ello, sería importante, respetando el marco general, adecuar esta propuesta a las condiciones ecológicas particulares de otras regiones del mundo.

La característica que distingue la agricultura ecológica de otras aproximaciones a la agricultura sostenible es que existe una legislación que la ampara, con unos compromisos mínimos exigibles al agricultor que la practica y organismos de certificación que definen claramente lo que es y lo que no es agricultura ecológica. Se hizo necesario simplificar el concepto y objetivarlo, también para atraer la atención del consumidor hacia las bondades de los productos ecológicos. La consecuencia inmediata fue la simplificación legal del concepto "producto de la agricultura ecológica" a aquel en cuya producción no se han empleado productos químicos (Reglamento (CEE) N° 2092/91 del Consejo de 24 de junio de 1991 sobre la producción agrícola ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimenticios). Esta definición ha potenciado la expansión de la agricultura ecológica, porque ha permitido crear un mercado creciente para estos productos. Sin embargo, desde el punto de vista productivo tiene sus limitaciones. Por un lado, ha supuesto la incorporación de agricultores atraídos por el estímulo del mayor precio de los productos ecológicos,

sin poseer demasiada información sobre esta forma de producir. Por otro lado, las avispidas casas comerciales de plaguicidas y fertilizantes químicos han iniciado feroces campañas para hacerse con el mercado de los insumos "bio" y "eco" (plaguicidas de origen natural y fertilizantes orgánicos, eminentemente foliares) permitidos por la normativa de la agricultura ecológica. Resultado de estas dos realidades es la creciente tendencia a realizar una simple sustitución de insumos antes que cambiar realmente la estrategia de manejo del agroecosistema.

En la práctica, la agricultura ecológica tampoco utiliza organismos transgénicos, debido al impacto negativo sobre la salud y el ambiente que percibe la alteración genética de los organismos, aunque la prohibición no está recogida de forma tajante en ninguna legislación. En Europa, el "Reglamento (CEE) N° 2092/91 del Consejo de 24 de junio de 1991 sobre la producción agrícola ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimenticios" abre una pequeña puerta al uso de microorganismos genéticamente modificados, si es aprobado mediante el procedimiento legal recogido en el citado Reglamento. Además, en ningún momento se especifica la prohibición de utilizar plantas o animales transgénicos. Ante la presión de las multinacionales del sector biotecnológico, el Departamento de Agricultura de los EUA (USDA) trata de imponer una normativa para el sector de la agricultura orgánica de aquel país que permita el uso de organismos transgénicos. Esta posibilidad provoca el enfrentamiento entre la administración norteamericana y organizaciones de agricultores y consumidores de productos ecológicos, que se niegan a ello. Por ahora, el USDA no ha conseguido su propósito. Todo lo contrario, en el Estado de Oregon se pretende obligar a los productores agrícolas a especificar si sus productos son transgénicos, aspecto que las transnacionales evitan a toda costa y, a su vez, exigen su apertura en los mercados de países del Tercer Mundo. No en vano dominaron en la última conferencia sostenible en Johannesburgo de 2002.

Estilos de agricultura ecológica

A pesar de un posible consenso en las sociedades industrializadas en los objetivos recogidos por el IFOAM, a inicios de este nuevo siglo se han desarrollado diversos estilos de agricultura ecológica que presentan ciertas peculiaridades. Entre ellos destacan:

Agricultura orgánica-biológica

El británico Albert Howard —profesor de la Universidad de Londres, director del *Institute of Plant Industry* en La India y asesor agrícola en la India Central y Rajputana— es considerado como el principal precursor de este estilo. Su obra central, el *Testamento agrícola*, publicada en 1940, recoge la preocupación por la degradación del recurso suelo ante la intensificación de la producción agraria que significó la Revolución Industrial para el Reino Unido y sus colonias. En este libro, Howard recoge los resultados de cuarenta años de investigación en el compostaje de residuos orgánicos y su uso para restaurar y mantener la fertilidad del suelo (método Indore). Lady Eve Balfour, quien inició en 1938 una experiencia comparativa en escala comercial entre agricultura orgánica y convencional en Gran Bretaña, cuyos resultados son recogidos y publicados casi cuarenta años después (Balfour 1975), también puede ser considerada como precursora de este tipo de agricultura.

En Suiza se destaca Hans Müller (1891-1988), quien fundó un movimiento para la reforma de la agricultura, centrado alrededor de conceptos cristianos. Fue un defensor de la relación directa entre agricultores y consumidores. En 1946 fundó BIO Gemüse AVG, una cooperativa Suiza de pequeños agricultores que utilizaban los métodos de la agricultura orgánica. Posteriormente, Hans Peter Rusch contribuyó a relacionar las ideas de la fertilidad del suelo con su microbiología en su libro *Bodenfruchtbarkeit: eine Studie biologischen Denkens*, publicado en 1968. Los agricultores seguidores de las técnicas propuestas por Müller y Rusch fundaron, en 1971, la asociación de productores Bioland, que condujo al desarrollo de la agricultura orgánico-biológica en Europa Central.

En Francia destaca Claude Aubert, cuya obra *El huerto biológico* se convirtió en un clásico. En los EUA destaca J.I. Rodale, quien expandió las propuestas de Howard y Balfour en la revista *Organic Gardening*. El éxito de esta publicación financió el establecimiento del Rodale Research Institute, pionero en la investigación en agricultura orgánica en EUA en las décadas de los setenta y ochenta. Su hijo, Robert Rodale, continuó su labor y acuñó el término de *regenerative agriculture*.

Estos autores muestran gran preocupación por la degradación de los recursos naturales, fundamentalmente el suelo, que lleva aparejada la agricultura industrializada. Consideran la salud del suelo como la

base de la salud de las plantas, los animales y el ser humano. Además, proponen técnicas de manejo concretas que permiten al agricultor en general adentrarse en este modelo de producción.

En la actualidad, este tipo de agricultura corresponde a la definición más ajustada a la normativa establecida sobre Agricultura Ecológica; es decir, aquella que no utiliza productos químicos en la producción, elaboración y conservación de los productos. Esto ha provocado el desarrollo de una agricultura de sustitución de insumos, de origen sintético por natural.

La sustitución de insumos artificiales por naturales presenta ciertas ventajas derivadas de la menor contaminación que generan. Ello se debe a dos mecanismos: la mayor rapidez de degradación que presentan los plaguicidas naturales (por ejemplo piretrinas, de origen natural, frente a los piretroides, de origen artificial), y la estabilidad y el lento proceso de liberación de nutrientes minerales de los abonos orgánicos que se incorporan al suelo (estiércol maduro, compost, etc.). No obstante, los plaguicidas naturales presentan también ciertos inconvenientes. Conviene tener en cuenta que el uso indiscriminado de *Bacillus thuringiensis* ha provocado la aparición de resistencia (Goldman *et al.* 1986); que el uso de productos poco selectivos como la nicotina o la rotenona daña igualmente la fauna benéfica, provocando desequilibrios ecológicos que inciden en la dependencia del agricultor de las multinacionales para obtener este tipo de productos y, en el caso de algunos de ellos, como la rotenona, fabricada a partir de *Derris* sp. y otras leguminosas de origen tropical, se facilita de nuevo el uso del espacio agrario de países del tercer mundo para objetivos diferentes de su propio autoabastecimiento alimentario, con el agravante de que se marginan todas las especies vegetales que se han utilizado localmente, como insecticidas o repelentes de insectos, usos que están muy erosionados y que interesa rescatar como garantía de nuestro patrimonio genético y del conocimiento de su manejo y empleo tradicional.

Por todo ello, la sostenibilidad del agroecosistema cuando se implementa este tipo de agricultura sigue siendo baja, ya que no se desarrollan mecanismos de autorregulación (biodiversidad, infraestructura ecológica, etc.), ni de conservación de los recursos (agua, suelo, etc.). Así, problemas graves de la agricultura mundial, como la erosión del suelo, la salinización y alcalinización del mismo provocada por el mal uso del

agua de riego, y otros procesos de degradación del ecosistema no son considerados. No obstante, en agroecosistemas muy artificializados puede ser útil iniciar la transición agroecológica, mediante una fase de sustitución de insumos.

El hecho de que la agricultura orgánica-biológica esté creciendo con base en un modelo de sustitución de insumos no es casual, sino que es un fenómeno muy ligado al modo en que este estilo de agricultura ecológica se enfrenta al mercado. El objetivo básico es la búsqueda de un consumidor de alto poder adquisitivo, muy sensibilizado a los problemas de salud vinculados al consumo de los productos procedentes de la agricultura industrializada, que puede y quiere pagar el llamado "precio-premio". Esto ha conllevado el desarrollo de un mercado internacional, que tiene como destino los países de mayor nivel de renta per cápita (centro y norte de Europa, EUA, Japón, etc.). El mercado de exportación obliga, en cierto grado, al monocultivo, ya que necesita volúmenes importantes de producto para rentabilizar las operaciones de acopio y transporte del mismo. Pero también incide en el cultivo total o parcialmente fuera de época de los productos demandados por este mercado; es decir, en el adelanto o retraso de la cosecha de un producto respecto al momento en que comienza la producción en los países sumidero. Esto a veces es posible de forma natural porque el clima de la región productora lo permite, pero en otros casos los agricultores se ven obligados, para satisfacer los calendarios de la demanda, a forzar los cultivos mediante técnicas especiales (invernaderos, túneles, etc.) o a producir en condiciones inadecuadas. Ambas situaciones repercuten en mayores problemas de plagas y enfermedades, y, por tanto, en el uso de productos substitutivos de los agrotóxicos.

Este modelo de producción y comercialización ignora uno de los argumentos más utilizados en la defensa de la agricultura ecológica: su eficacia energética. En general, no se tiene en cuenta el considerable costo energético que suponen el embalaje y la distribución de los alimentos para llegar a los consumidores. En los EUA, solo la distribución y preparación de productos alimenticios consume $9,5 \times 10^{14}$ kcal, lo que supone el 5% de la energía total consumida en este país (Pimentel *et al.* 1990).

Los aspectos sociales y culturales de la producción agraria que permiten garantizar la sostenibilidad de la agricultura son apenas considerados por la propuesta orgánico-biológica. Ello se debe al concepto

restringido de biodiversidad que subyace en los estilos de agricultura ecológica de los países industrializados, el cual se encuentra entre la concepción agroecológica y la biotecnológica. La agricultura orgánica-biológica se opone al desarrollo de la biotecnología como suma de genes al agroecosistema, por razones ligadas a problemas de bioseguridad. A pesar de ello, no contempla la diversidad de agroecosistemas ni el papel que la diversidad cultural ha tenido históricamente en la generación de la diversidad ecosistémica.

Sin embargo, es este estilo el que en la actualidad presenta una mayor capacidad de expansión. Una de las razones es que no modifica el enfoque atomista de la agricultura industrializada ni la lógica que esta agricultura ha establecido en el medio rural durante las últimas décadas. Por otro lado, las empresas multinacionales de productos fitosanitarios y fertilizantes tienen especial interés en desarrollar una gama de productos "naturales" permitidos por la legislación establecida a nivel internacional por el IFOAM, dado que esto les ofrece una nueva posibilidad de mantener o incrementar sus beneficios. Para ello, cuentan con recursos económicos que pueden ser destinados a la investigación, además de contar con la realizada desde organismos públicos. Por último, se considera como un factor clave en la expansión de este estilo la crisis agrícola actual en el marco de la Unión Europea y el éxito comercial que ha acompañado a numerosos productos con certificación orgánica-biológica.

Agricultura biodinámica

La agricultura biodinámica está basada en las enseñanzas de Rudolf Steiner, filósofo esotérico nacido en el Imperio Austrohúngaro en 1861. Fue el fundador de la antroposofía, movimiento espiritual que pretende rescatar a la humanidad de las consecuencias del materialismo y el pesimismo que atenazaba a la sociedad industrial a fines del siglo XIX y principios del XX.

Steiner estuvo fascinado por la ciencia y el método científico desde muy joven (Wilson 1986); sin embargo, le repugnaba la visión materialista del mundo de la ciencia moderna y el concepto mecánico y atomista que esta tenía de la naturaleza y el hombre, que la tornaban incapaz de explicar las complejidades del universo y la existencia humana. Para Steiner, la ciencia y la religión no tienen por qué estar separadas; la física y el espíritu no solo son conciliables sino interdependientes. Con base en ello crea su propia concepción del universo, influenciada por Goethe (quien sos-

tenía que “la naturaleza es la indumentaria viviente de Dios”) y, luego, por la teosofía, compendio de conocimientos esotéricos de Madame Blavatsky. Steiner fue secretario general de la sección alemana de la Sociedad Teosófica entre 1902 y 1913.

La agricultura biodinámica se basa en una serie de conferencias dictadas por Rudolf Steiner en 1924 en Koberwitz (Silesia) a agricultores pertenecientes a la Sociedad Antroposófica. Las enseñanzas que se aportan en estas conferencias están enmarcadas dentro de la mencionada antroposofía o ciencia espiritual, fundada como impulso renovador de las artes y las ciencias, frente a la decadencia espiritual y al materialismo que los antropósofos perciben en su época.

“...justamente la agricultura se ha apartado del modo más notable más que ninguna otra cosa de los principios racionales bajo el imperio de la visión materialista del cosmos...en el curso de los últimos decenios ha cundido en la agricultura una situación tal, que todos los productos de los cuales vive realmente el hombre, degeneran de manera extraordinariamente acelerada...” (Steiner 1988).

Steiner propone una serie de prácticas agrarias concretas para realizar en finca, de tal forma que ninguna acción se oponga al todo (cosmos), con el objetivo de evitar la degeneración de los alimentos y su pérdida nutricional y, en un segundo término, la de la Tierra.

Tiene gran importancia el concepto de “organismo-granja”, el cual posee los atributos de cualquier organismo vivo: capacidad de autorregulación, crecimiento, desarrollo y reproducción. Un organismo puede considerarse como un número diferente de órganos que realizan distintas funciones, pero que son interdependientes e incapaces de existencia independiente. Para Steiner, el organismo-granja comprende tres partes bien diferenciadas e inseparables: el ser humano, el polo suelo y el polo cosmos. Estos polos deben estar en equilibrio y sus influencias benéficas deben ser potenciadas, empleándose para ello preparados específicos que se aplican al suelo o la planta en cantidades muy pequeñas, aunque potenciadoras de influencias positivas. Según Oelhaf (1978), estos extractos son tan diluidos que su efecto es análogo al de la medicina homeopática, la cual en dilucio-

nes extremas estimula las defensas naturales del organismo. Un ejemplo de “preparado biodinámico” es el realizado con milenrama (*Achillea millefolium*), que se expone a continuación:

“Se toman inflorescencias de milenrama y se secan. Se coge luego la vejiga de un ciervo y se encierra en ella la masa seca de inflorescencias bien prensada. Después se cierra la vejiga con un hilo y se cuelga en un sitio al sol durante el verano. En otoño se retira de allí y se pone en la tierra, a una profundidad no muy grande, para que pase el invierno. Posteriormente, tras sacar esta masa de la vejiga, se añade al montón de estiércol, que queda dinamizado” (Steiner 1988).

Steiner (1988) considera que todo lo que se introduce en el predio (fertilizantes, estiércol, etc.) es un remedio para una finca enferma. Por otro lado, la agricultura biodinámica subraya la influencia de los ritmos cósmicos y constelaciones sobre la agricultura, con base en un calendario de siembra y faenas agrícolas (Kabisch 1978, Thun 1984, Steiner 1988).

De ahí que Ehrenfried Pfeiffer (1983) propusiera el método de las “cristalizaciones sensibles”, que mide la calidad o salud de los compuestos orgánicos. Se basa en la diferente forma en que cristaliza una simple gota de los fluidos de esos compuestos (sangre, savia, etc.) en una placa de Petri con 10 cm³ de cloruro de cobre disuelto al 5%. Hoy, este método se utiliza para comparar la calidad de los alimentos procedentes de la agricultura convencional y biodinámica, aunque todavía no es un método muy desarrollado ni es aceptado por el mundo académico (Vogtman 1983). En otras obras, Pfeiffer se refiere a la restauración de la fertilidad de la tierra y al diagnóstico de la salud de la naturaleza y la sociedad a partir del estudio del paisaje (Pfeiffer 1983).

La agricultura orgánico-biológica, la permacultura y la agroecología reivindican la ecología y otras ciencias como sus pilares; sin embargo, la agricultura biodinámica (así como la natural) no reclama ninguna base científica formal: su origen radica en la antroposofía, ya que propugna que no se llega al conocimiento por la inteligencia, sino a través de los sentidos o de la contemplación (Steiner 1988). La ciencia no conoce la esencia de la vida, a la cual apli-

ca las leyes de la mecánica (Arman 1985). No obstante, actualmente en diversas universidades, principalmente centroeuropeas, se están contrastando algunas de las hipótesis que Steiner mantuvo en las mencionadas conferencias. Tal apoyo empírico se refiere a la efectividad de los extractos potenciadores de la fertilidad y aceleradores del compostaje de los residuos orgánicos.

Desde el manejo ecológico del agroecosistema, se puede objetar la generalización que hace la agricultura biodinámica del uso de los preparados biodinámicos (Steiner 1988). En esto descansa el comercio desarrollado en torno a los preparados biodinámicos realizados con los componentes propuestos por Steiner, en vez de buscar alternativas locales, lo que contradice el concepto de la finca como un organismo autosuficiente. Las condiciones locales —características de la materia orgánica empleada para hacer compost (composición, toxinas, compuestos alelopáticos, etc) y las características del suelo (pH, composición mineralógica, micro y macro fauna presente, etc)— pueden influir en la efectividad de los preparados. Por otro lado, el concepto de organismo-granja expuesto se basa en una concepción hermética de ecosistema. La minimización de los flujos de materia y energía entre el predio y el entorno puede ser deseable, pero no hay que olvidar que esta integración se ha dado históricamente a otros niveles, como el de comarca, comunidad, etc., y no por ello han aparecido enfermedades ecosistémicas.

Por último, una cosmovisión debe estar ligada a la sociedad en la que se genera, de tal forma que quede enlazada con la cultura y la reproducción social de una comunidad. Por este motivo, la salida del contexto en el que se generó y su implantación en otras sociedades pueden ser culturalmente inaceptables. Además, el conocimiento antroposófico, sostén de la agricultura biodinámica, se postula superior a los “instintos” naturales, que a través de una actitud meditativa ante el medio (sic), han dado origen a la agricultura tradicional (Steiner 1988). Esta declarada inferioridad de la agricultura tradicional presupone la necesidad de elevar este conocimiento tradicional a un nivel cultural superior, quedando el indígena o campesinado, al igual que la modernización, supeditado a la acción de elementos externos que lo transformen.

Actualmente, los productores biodinámicos han desarrollado importantes redes de comercialización y

marcas propias (como DEMETER y BIODYN), insertándose en el mercado a través de la firma de contratos de producción, con los productores, y de transformación y comercialización, con la industria elaboradora, los distribuidores y los comerciantes. Dado que la mayor parte de los consumidores de los productos biodinámicos se ubican en lugares donde la influencia de la antroposofía fue mayor, fundamentalmente Europa Central, existe un importante mercado internacional que confluye allí.

Agricultura natural

Este estilo de agricultura ecológica fue creado por el japonés Masanobu Fukuoka, y plasmado en su obra *The One-Straw Revolution. An Introduction to Natural Farming*. Jean Marie Róger (1985) también denominó “agricultura natural” a la propuesta que formuló para la producción agrícola; sin embargo, su influencia ha sido mucho menor. Fukuoka se enfrentó a la ciencia occidental, alegando la incapacidad que esta presenta para entender la naturaleza de forma holística:

“El biosistema, viviente y globalizado, que constituye la Naturaleza, no puede ser disecado ni desmembrado en partes. Una vez quebrantado o derribado muere. O, más bien, aquellos que separan un trozo de la Naturaleza, agarran algo que está muerto, e ignorantes de que lo que están examinando ya no es lo que pensaban que era, blasonan de haber entendido a la Naturaleza” (Fukuoka 1995).

La integración *a posteriori* de conocimientos parciales no soluciona el problema, ya que como bien sostiene Fukuoka (1995): “La suma de porciones de conocimiento incompleto pueden luego ser reunidas juntas, pero nunca formarán un todo completo”. Derivado de este enfoque atomista surge el empeño de la ciencia en estudiar relaciones causa-efecto que, según ese autor, no existen en la naturaleza salvo cuando se aíslan factores.

La ciencia tradicional postula que se puede eludir la subjetividad y comprender la naturaleza objetivamente. Para Fukuoka ello es imposible, porque el ser humano forma parte de la naturaleza. De hecho, el conocimiento generado por una ciencia materialista y atomista aplicado a la agricultura es para Fukuoka la

base de la degradación actual de la naturaleza, de los alimentos (en calidad y cantidad) y de la vida y cultura campesinas:

“Mi mayor miedo es que la Naturaleza se convierta en el juguete de la inteligencia humana. También existe el peligro de que el Hombre intente proteger a la Naturaleza a través del conocimiento humano, sin darse cuenta de que la Naturaleza sólo puede ser restaurada abandonando nuestra preocupación por un conocimiento y una actividad que la están poniendo contra un muro” (Fukuoka 1995).

Por ello, Fukuoka (1995) no es simpatizante de la agricultura orgánica-biológica, de la que dice es otro tipo de “cultivo científico” que incrementa el esfuerzo del agricultor para obtener su cosecha. Ello es debido a que esta continúa alterando permanentemente los ciclos de la naturaleza (de los organismos del suelo, de los nutrientes, de los cultivos, del agua, etc.), por lo que tiene que restablecerlos a través de la inversión constante de energía en el agroecosistema. Para ello, es necesario un cambio filosófico que supone aceptar que el ser humano es parte de la naturaleza, a la que no puede entender. Su actitud debe ser de mínima intervención para no alterar el delicado equilibrio que la sostiene, a la par que aprovecha en su beneficio su funcionamiento. No se trata de abandono, sino de minimizar la intervención del agricultor a solo aquellas actividades que pueden ser esenciales, como la siembra (no siempre) y la recolección.

La agricultura natural se basa en el respeto e imitación de la naturaleza y en la mínima intervención humana. Propone cinco principios de manejo: no labrar, no emplear fertilizantes, no usar plaguicidas, no escardar (química, mecánica o manualmente) y no podar. Este manejo permite no alterar el suelo en ningún momento, lo cual es buena parte de su éxito productivo. Además, la alta biodiversidad de los predios en agricultura natural y la considerable actividad biológica de sus suelos no hacen necesario efectuar rotaciones amplias (Fukuoka 1995).

En resumen, se trata de una forma interesante de agricultura ecológica, que debe adecuarse a las condiciones locales en cada sitio donde se aplica, ya que su experiencia se refiere a un agroecosistema concreto.

Permacultura o agricultura permanente

Este estilo de agricultura ecológica surgió en Australia y fue formulado por Bill Mollison en 1975, en la Universidad de Hobart, Tasmania, y está impregnado de la filosofía del japonés Fukuoka. Inicialmente, la permacultura surge para dar respuesta a dos fenómenos de las sociedades urbanas industrializadas: por un lado, la dependencia alimentaria de las ciudades con respecto al medio rural y el alto consumo energético de fuentes no renovables que supone hoy su abastecimiento; por otro, la emigración hacia el campo de los desencantados del modelo de vida urbano. Es por ello que la permacultura va dirigida a diseñar sistemas de producción agrícola integrados, tanto en las ciudades como en zonas marginales, generalmente de montaña, en las que se instalan estos grupos para vivir en comunidad. En ambos casos, se trata de colectivos culturalmente urbanos que pretenden dedicarse a la agricultura a tiempo parcial, con el objetivo de la autosuficiencia.

A pesar de que los principios de la permacultura pueden aplicarse a cualquier región, Mollison y Holmgren (1978) declaran que está especialmente destinada a zonas marginales o degradadas, de tal forma que las llanuras de regadío junto a los ríos serían las localizaciones más apropiadas para el cultivo intensivo de cereales o de hortalizas.

Conceptualmente, la permacultura tiene su base en la ecología, la ingeniería de paisajes y la arquitectura. Se basa en el diseño de sistemas integrados de alta biodiversidad, en los que tienen un papel preponderante las especies animales y vegetales con capacidad de autoperpetuarse; de tal forma que, con un mínimo manejo humano, se consiguen estados de interés antrópico en la evolución de estos sistemas hacia el clímax.

Sus objetivos prioritarios son la reducción del consumo de energía no renovable, maximizando la generación y conservación de la energía dentro del sistema, y la autosuficiencia regional, lo que contribuye a la generación de tecnologías adaptadas a situaciones de marginalidad socioeconómica o natural. Para Mollison y Holmgren (1978), la economía de mercado a escala mundial y la agroindustria —basadas en el derroche de energía barata y no renovable— son incompatibles con una agricultura regional estable, ya que llevan a la destrucción de las ecologías agrícolas locales por la especialización en el cultivo de unas pocas especies comerciales, producidas en masa con un alto

subsidio energético. En su modelo, una industria y comercio regional irían ligados a la producción local. Otros objetivos importantes de la permacultura son lograr la estabilidad del sistema; garantizar un suministro permanente de agua de buena calidad mediante su adecuada captación, manejo y reciclaje; y controlar fenómenos naturales como el fuego, temperaturas extremas, viento, etc.

Para lograr sus objetivos, la permacultura se basa en la planificación en el tiempo y en el espacio de sistemas con alta diversidad de especies vegetales y animales, microclimas y hábitats; y con gran complejidad, de forma que cada elemento desempeña diversas funciones en el desarrollo del sistema y cada función se encuentra asumida por diversos elementos. Los modelos por seguir para el diseño y perfeccionamiento de los ecosistemas cultivados serían los sistemas ecológicos naturales, preferentemente (Mollison 1988).

La permacultura es un enfoque postindustrial, e incluso computarizado, del diseño de sistemas para la planificación y gestión en el largo plazo del paisaje productivo, que se ve limitado cuando no existe un control racional integrado del espacio (Mollison y Holmgren 1978). Este es el problema central de los enfoques que desarrollan y tratan de implementar diseños y planes de actuación elaborados al margen de la realidad social y cultural de cada comunidad rural. Por tanto, en condiciones normales, estos diseños quedan relegados a zonas despobladas y, como es objetivo básico de la permacultura, a una población de origen urbano, con una elevada conciencia ecologista. Por ello, sin ignorar los logros teóricos y prácticos de la ecología, la permacultura resultaría como una mesa a la que le ha crecido mucho una pata, la ecología, en detrimento de las demás (sociología, economía, antropología), lo que dificulta la comprensión holística de la realidad desde este estilo y su adaptación a diferentes condiciones socioeconómicas y culturales.

Conclusión

La crisis ecológica generada por las prácticas de monocultivo preconizadas desde las ciencias agrícolas convencionales ha generado el surgimiento de diferentes propuestas, de muy diversa índole y compromiso, que pretenden paliar o solucionar la degradación de los recursos en los países industrializados. Un grupo de ellas, las que no permiten el empleo de productos químicos, quedan amparadas bajo la legislación de agricultura ecológica. No obstante, en su interior exis-

ten también importantes diferencias, que se ha pretendido exponer aquí.

Uno de los más alentadores procesos que se están dando en torno a la problemática ambiental es el auge de la agricultura ecológica, entendida como la agricultura que no usa agroquímicos sintéticos tóxicos, como pesticidas y herbicidas, u organismos genéticamente alterados aunque, para muchos, esto no es más que la mera ausencia de pesticidas en los alimentos, donde lo ecológico es simplemente un mercado lucrativo.

Si el movimiento hacia una sociedad ecológica se vale de un enfoque meramente técnico, se degrada fácilmente en una fijación obsesiva con inventos tecnológicos, como por ejemplo buscar nuevas formas de repeler plagas sin usar pesticidas o mejorar la eficiencia de las fuentes energéticas renovables, sin una perspectiva social crítica del orden existente, con valores morales, espirituales y ecológicos de carácter paradigmático.

Si no hay ideas sociales sólidas, si no hay una auténtica sensibilidad ecológica o integridad moral, el cientificismo y el capitalismo acaban reclamando el terreno duramente ganado por los movimientos ambientalistas alternativos y contestatarios. Cuando esto ocurre, la ecología como amplia visión filosófica, que busca la armonización de humanos y naturaleza, se degenera en un "ambientalismo" tecnocrático que no es más que una subcategoría de la ingeniería.

La agricultura ecológica es preferible en términos ambientales a la convencional, pero será nociva y devastadora para la salud espiritual, moral y social de la humanidad si es tratada como un mero conjunto de técnicas que no implica nuevas relaciones sociales. La agricultura ecológica es una filosofía socioecologista, un compromiso ético, un proyecto socioeconómico alternativo que ayuda directamente al pequeño agricultor y revitaliza las comunidades rurales; que debe crear alternativas al mercado global controlado por las grandes corporaciones y establecer un intercambio directo entre agricultor y consumidor en el nivel local.

Esta agricultura presupone cuestionar el aparato industrial y las relaciones sociales basadas en la competencia y el lucro. No alterará en nada el grotesco desbalance con la naturaleza si deja intactas a la corporación transnacional, las estructuras políticas burocratizadas, centralizadas y su irracionalidad tecnocrática mercantil.

Literatura citada

- Altieri, M; Nicholls, C. 2000. Agroecología: Teoría y Práctica para una Agricultura Sostenible. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental. ONU-PNUMA. p. 24.
- Arman, K. 1985. Tierra y pan. Madrid, ES, Editorial Rudolf Steiner.
- CRAE. 1990. Reglamento y Normativas Técnicas. Madrid, ES, MAPA.
- Balfour, E. 1975. The living soil and the Haughley experiment. London, UK, Faber and faber. p. 22.
- Fukuoka, M. 1995. La senda natural del cultivo. Teoría y práctica de una filosofía verde. Valencia, ES, Terapion.
- Gliessman, S. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Turrialba, CR, CATIE. 359 p.
- Goldman, IF; Arnold, J; Carlton, BC. 1986. Selection for resistance to *Bacillus thuringiensis* sbsp. *Israelensis* in field and laboratory population of the mosquito *Aedes aegypti*. Journal of Invertebrate Pathology 47: 317-324.
- Gibbon, D. 1992. Farming Systems Research for Sustainable Agriculture: the need for institutional innovation, participation and interactive approaches. In Camar Seimar endogenous regional development in Europe: Theory, method and practice (1991, Vila Real, PT). Proceedings. Brussels, BE, European Commission DG VI. p. 18.
- Guzmán, G; González, M; Sevilla, E. 2000. Introducción a la Agroecología como Desarrollo Rural Sostenible. España, Editorial Mundi-Prensa. p. 21-30.
- IFOAM. 1989. Basic standards of organic agriculture. Resolution of the General Assembly of the International Federation of Organic Agriculture movements, Ouagadougou, Burkina Faso, January 6. p. 12.
- Kabisch, H. 1978. La guía practica del método biodinámicos en agricultura. Barcelona, ES, Instituto Naturista Ballsola.
- Lampkin, NH. 1994. Organic farming: Sustainable agriculture in practice. In The Economic of Organic Farming. An International Perspective. Wallingford, UK, CAB International. p. 26.
- Lenkow, L; Buttel, E. 1983. Los movimientos ecologistas. Madrid, ES, Mezquita.
- Mollison, B; Holmgren, D. 1978. Permaculture One: A perennial agriculture for human settlements. Australia, Tagari Publications.
- NRC (National Research Council). 1989. Alternative agriculture. Washington, US, National Academy press. p. 4.
- Palerm, A. 1980. Antropología y Marxismo. México, Editorial Nueva Imagen. p. 30.
- Pfeiffer, E. 1983. El semblante de la tierra. Barcelona, US, Integral.
- Pimentel, D; Dazhong, W; Giampietro, M. 1990. Technological changes in energy use in agriculture production. In Gliessman, S. ed. Agroecology: researching the ecological basis for sustainable agriculture. New York, US, Springer-Verlag. p. 305-321.
- Ploeg, Jan D. van der. 2000. Revitalising agriculture: farming economicall as starting ground for rural development. Sociologia Ruralis 40:497-511.
- Roger, J. 1985. El suelo vivo. Manual práctico de agricultura natural. Barcelona, ES, Integral. (Colección cuadernos de Integral no. 5).
- Sevilla, E; Woodgate, G. 1997. Sustainable rural development: from industrial agriculture to agroecology. In Redclift, M; Woodgate, G. eds. The International Handbook of Environmental Sociology. Cheetenham, UK, Edward Elgar. p. 83-100.
- Stenier, R. 1988. Curso sobre agricultura biológico-dinámica. Madrid, ES, Editorial Rudolf Steiner.
- Toledo, VM; Carabias, J; Mapes, C; Toledo, C. 1985. Ecología y Autosuficiencia Alimentaría. México, Siglo Veintiuno Editores.
- Thun, M. 1984. Constelaciones y agricultura biológico-dinámica. Madrid, ES, Editorial Rudolf Steiner.
- Wilson, C. 1986. Rudolf Steiner. El hombre y su visión. Barcelona, ES, Urano.
- Vandermeer, J. 1995. The ecological basis of alternative agriculture. Annual Review of Ecology Systems 26:201-224.
- Vogtman, H. 1983. La calidad de los productos agrícolas provenientes de distintos sistemas de cultivo. Agricultura y Sociedad 26: 69-105.

Identificación de un nuevo begomovirus en melón (*Cucumis melo* L.) en Lara, Venezuela

Pilar Ramírez¹
Mauricio Chicas¹
Jorge Salas²
Douglas Maxwell³
James Karkashian¹

RESUMEN. Se recolectaron muestras de ápices foliares de plantas de melón (*Cucumis melo* L.) que mostraban síntomas de mosaico clorótico en campos cultivados del Estado Lara, Venezuela. Con el objetivo de identificar geminivirus, se utilizaron iniciadores generales y la técnica de reacción en cadena de la polimerasa (PCR) para amplificar la parte superior del componente A y la región hipervariable del componente B del genoma viral. En cuatro muestras representativas, se obtuvieron fragmentos de 1400 y 400 pares de bases, respectivamente. Dichos fragmentos fueron clonados y secuenciados. Las secuencias obtenidas se compararon con otras secuencias de geminivirus en la base de datos GenBank, determinándose una similitud máxima (82%) con el virus del enrollamiento de la hoja del ayote (*squash leaf curl virus*, SLCV). Estos análisis de secuencia indican que se identificó un nuevo geminivirus en melón en el estado Lara, Venezuela, para el cual se propuso el nombre de *melon chlorotic mosaic virus* (MCMV). Se reportó la secuencia obtenida al GenBank (número de acceso AF453447, 11 de diciembre del 2001). Además, se generó una sonda molecular específica para el MCMV, que se utilizará para estudios epidemiológicos futuros.

Palabras clave: *Bemisia tabaci*, geminivirus, melón, *melon chlorotic mosaic virus* (MCMV), *squash leaf curl virus* (SCLV), Venezuela.

ABSTRACT. Identification of a new begomovirus in melon (*Cucumis melo* L.) in Lara, Venezuela. Foliar apex samples were collected from melon (*Cucumis melo* L.) plants that showed chlorotic mosaic symptoms in cultivated fields of Lara, Venezuela. In order to identify geminivirus, universal primers and the polymerase chain reaction (PCR) technology were used for amplifying the top part of the A component and the hypervariable region of the B component of the viral genome. Fragments of 1400 and 400 base pairs in four representative samples were obtained. The abovementioned fragments were cloned and sequenced. The sequences obtained were compared with other geminivirus sequences from the GenBank database. A maximum similarity (82%) with the squash leaf curl virus (SLCV) was observed. These sequence analyses indicate that a new geminivirus was identified in melon cultivars from Lara, Venezuela. We propose the name of *melon chlorotic mosaic virus* (MCMV) for the new geminivirus and the obtained sequence was submitted to the GenBank database (accession number AF453447, December 11, 2001). A molecular specific probe was generated to detect MCMV and it will be useful for future epidemiological studies.

Key words: *Bemisia tabaci*, geminivirus, melon, *melon chlorotic mosaic virus* (MCMV), *squash leaf curl virus* (SCLV), Venezuela.

Introducción

Desde 1986, varios cultivos en Centroamérica y el Caribe se han visto afectados por geminivirus transmitidos por la mosca blanca *Bemisia tabaci* Gennadius (Homoptera: Aleyrodidae). En el presente, millones

de kilómetros cuadrados de tierras aptas para la agricultura sufren el ataque de más de treinta geminivirus en 20 países diferentes (Morales y Anderson 2001).

¹ Escuela de Biología y PROGEMINI, Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular (CIBCM), Universidad de Costa Rica, Costa Rica. pramirez@biologia.ucr.ac.cr

² Centro de Investigaciones Agrícolas del Estado Lara, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Venezuela. cialara@cantv.net

³ Department of Plant Pathology, University of Wisconsin-Madison, EUA. dpmax@plantpath.wisc.edu

Las infecciones por geminivirus dentro de los agroecosistemas son dinámicas y de interacciones complejas, pues involucran diversos factores cambiantes, como el tipo de geminivirus, el ambiente y el biotipo del vector (Zúñiga y Ramírez 2002). Los geminivirus se caracterizan por presentar una enorme diversidad (Padidam *et al.* 1995), y su rápida proliferación y diseminación en América Latina pueden ser consecuencia de los cambios drásticos en los sistemas de cultivo (Morales y Anderson 2001), así como de su capacidad de recombinación (Gilbertson *et al.* 1993). La presencia de una población diversa de geminivirus en una región incrementa la probabilidad de epidemias en otros cultivos. Este problema tiene como componentes el uso de cultivares élite, el movimiento de material infectado y la introducción de los insectos vectores (Mansoor *et al.* 2003).

Los begomovirus son virus bipartitos con genomas de ADN de una sola cadena. Este genoma está constituido por dos moléculas circulares, llamadas "ADN A" y "ADN B", que poseen un tamaño de 2,5 a 3 Kb. En ambas moléculas, los genes están separados por una región intergénica, que contiene una secuencia de 200 nucleótidos, conservada entre los dos componentes virales, llamada "región común" (CR). Esta región contiene los elementos modulares del origen de replicación (*ori*) (Lazarowitz *et al.* 1992, Fontes *et al.* 1994a, 1994b, Orozco *et al.* 1997). La secuencia de *ori* consiste de una estructura conservada en forma de horquilla y un sitio de unión para la proteína Rep localizado corriente arriba de la horquilla (Fontes *et al.* 1994a, 1994b, Argüello-Astorga *et al.* 1994). Además, en la región intergénica se encuentran los motivos de unión de la proteína asociada a la replicación en geminivirus, los cuales constan de secuencias cortas y reiterativas, denominadas "iterones" (Mansoor *et al.* 2003).

El ADN A codifica para la proteína de la cápside y las proteínas necesarias para la multiplicación y regulación genética (Sunter *et al.* 1987, Elmer *et al.* 1988, Hanley-Bowdoin *et al.* 1990). La proteína Rep de 41 kD es la única proteína esencial y conservada. (Fontes *et al.* 1992, Lazarowitz 1992). La proteína TrAP de 15-20 kD es necesaria para la expresión de los genes *av1* y *bv1* (Sunter *et al.* 1990, Lazarowitz 1992, Sunter y Bisaro 1992). La proteína REn de 14-16 kD incrementa la eficiencia de la replicación y actúa como un factor accesorio que promueve la acumulación del ADN viral (Orozco *et al.* 1997). La proteína de cubierta (CP) de 27-30 kD está relacionada con la especificidad del

insecto vector. La proteína Rep ha sido muy estudiada recientemente, pues interactúa con la proteína retinoblastoma (Rb); además, el dominio de interacción con Rb muestra tener influencia sobre la determinación de síntomas y especificidad de la infección viral (Kong *et al.* 2000, Argüello-Astorga *et al.* 2004). Asimismo, la secuencia nucleotídica que codifica para el extremo aminoterminal de Rep ha sido utilizada con éxito en la obtención de plantas transgénicas resistentes a geminivirus (Chatterji *et al.* 2001, Lucioli *et al.* 2003). Esto puede estar relacionado con el hecho de que los elementos claves para la especificidad de la proteína se encuentran en los primeros 10 aminoácidos de la región aminoterminal (Ramos *et al.* 2003). Resultados similares se han observado cuando se utiliza parte de la secuencia nucleotídica de la región intergénica (Yang *et al.* 2004).

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

Las enfermedades inducidas por geminivirus en cucurbitáceas son un problema fitosanitario importante en el sur de Estados Unidos, México, Guatemala, Honduras (Brown *et al.* 2002) y Costa Rica (Karkashian *et al.* 2001).

En el presente trabajo se describe la identificación de un nuevo geminivirus en melón en Venezuela. A través de análisis filogenéticos y comparación de secuencias se define la relación del *melon chlorotic mosaic virus* (MCMV) con otros geminivirus.

Materiales y métodos

Recolección de muestras

La recolección de muestras foliares se realizó en campos de melón ubicados en San José de los Ranchos, Parroquia Espinoza de los Monteros, Municipio To-

rres del Estado Lara, Venezuela, ubicado a 10°15'N y 69°45'O, y a 525 msnm. La zona pertenece a la clasificación de Monte Espinoso Tropical (Holdridge 1967); presenta condiciones climáticas promedio de 250 a 500 mm de precipitación, 24 °C y humedad relativa de entre 40% y 60%, dependiendo de la época del año. Se observaron moscas blancas en la región, lo cual sugirió probables infecciones con geminivirus.

Con un sacabocados limpio, se recolectaron muestras de hojas jóvenes de melón que presentaban un mosaico clorótico y se transfirieron a tubos Falcon de 50 mL (Falcon® Becton Dickinson, NJ, EUA), los cuales contenían sílica gel en forma de perlas (Merck, cat. 7735). Las muestras se almacenaron hasta sus análisis moleculares.

Extracción de ácidos nucleicos

Los análisis moleculares fueron realizados en el Laboratorio de Biología Molecular de Plantas y Virus, Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular, Universidad de Costa Rica. Los ácidos nucleicos totales fueron extraídos de las hojas de melón según una versión modificada del método de Dellaporta *et al.* (1983). Se maceraron dos discos de tejido vegetal seco en un tubo de microcentrifuga de 1,5 mL, con micropistilos Kontes™ estériles (Kontes Glass, Vineland, NJ, EUA) a temperatura ambiente y en presencia de 500 µL de buffer de extracción Dellaporta. A este homogenizado se le agregaron 33 µL de dodecilsulfato de sodio (SDS) al 20%. Después de incubar por 10 minutos a 65 °C, se agregaron 160 µL de acetato de potasio 5M, se agitó vigorosamente y se centrifugó por 5 minutos a 10000 rpm. Al sobrenadante, previamente transferido a un tubo limpio, se agregaron 500 µL de fenol-cloroformo-isoamilo (25:24:1) y se centrifugó por 5 minutos a 10000 rpm. A 500 µL del sobrenadante, transferido a otro tubo limpio, se agregaron 225 µL de isopropanol para promover la precipitación del ADN. Después de incubar 5 minutos y centrifugar 5 minutos a 10000 rpm, el precipitado obtenido se lavó con etanol al 70%. Luego de secar el precipitado, se resuspendió en 50 µL de TE (10mM Tris-HCL, pH 7,5; 1mM EDTA, pH 8,0).

Reacciones de PCR

Cada reacción de PCR de 25 µL contenía 0,25 mM de desoxinucleótidos trifosfato (dNTPs), 1X buffer para Taq polimerasa (Promega, Madison, WI, EUA), 0,25 mM MgCl₂ (Promega Madison, WI, EUA), 0,5 unida-

des de Taq polimerasa, 0,2 µM del iniciador viral, 2,50 µM del iniciador complementario y 0,2 µL de ADN. Las reacciones de PCR se efectuaron en un termociclador Perkin-Elmer™ (Perkin-Elmer Inc., Shelton, CT, EUA).

Las condiciones de amplificación fueron las siguientes: desnaturalización a 95 °C por 1 minuto; 30 ciclos de 94 °C por un minuto; 55 °C por dos minutos y 72 °C por tres minutos. Estos ciclos fueron seguidos por una fase de extensión final, a 72 °C por siete minutos. Las muestras se mantuvieron a 18 °C hasta su análisis. Se utilizaron iniciadores generales para geminivirus, los cuales corresponden a regiones conservadas en el genoma de este grupo de virus. El par de iniciadores PAL1v1978 y PAR1c715 amplifica la región superior del componente A, y el par PCRC2 y PBL1v2039 amplifica la región hipervariable del componente B (Rojas *et al.* 1993). Los productos de PCR fueron separados por electroforesis en geles de agarosa al 1% (SIGMA, cat. A9539). Los productos de PCR que mostraron las bandas esperadas se limpiaron con el kit QIAquick® (QIAGEN, cat. 28106), según las especificaciones de la casa comercial.

Clonaje

El clonaje de los productos de PCR limpios se realizó mediante el kit pGEM®-T Easy (Promega, cat. A1380). Se utilizaron 25 ng del fragmento de la región superior del componente A y 5 ng del fragmento de la región hipervariable. Se transformaron por choque térmico 100 µL de células competentes XL-1 Blue, preparadas según el método de cloruro de calcio (Sambrook *et al.* 1989). Cada producto de ligación mezclado con células competentes se incubó sobre hielo durante 30 minutos, a 42 °C por 1,5 minutos, y en hielo por 10 minutos. Luego se añadió 1 mL de medio de cultivo 2xYT y se incubó a 37 °C durante 1 hora. Se cultivaron 200 µL de la suspensión celular transformada en placas de Petri, que contenían 50 µg/mL de ampicilina, 10 µg/mL de tetraciclina, 10 µL de isopropil-b-D-tiogalactósido 0,1 M (Fisher Biotech, cat. BP1755-1) y 40 µL de 5-bromo-4-cloro-3-indolil-b-D-galactopiranosido al 20% (Eppendorf, cat. A-02E01). Las colonias blancas obtenidas en las cajas de Petri se cultivaron a su vez en 3 mL de medio de cultivo 2xYT, a 37 °C y 250 rpm (Orbital Shaker H 2410; Hotech Instrument Corp.) durante 20 horas (Sambrook *et al.* 1989). A partir de estas suspensiones celulares se extrajeron los plásmidos con el kit QIAprep® Miniprep

(QIAGEN, cat. 28106). La presencia de insertos dentro de los plásmidos recombinantes se evaluó por electroforesis en gel de azarosa, después de digerir con la enzima de restricción *EcoRI* (Promega, cat. R6911).

Secuenciación y análisis de las secuencias

Los insertos obtenidos se secuenciaron usando el kit Big Dye Sequencing™ (Applied Biosystems, Foster City, CA, EUA), en un secuenciador automático ABI PRISM 377 (Perkin-Elmer). La comparación de las secuencias fue realizada por medio del programa BLAST (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST>). Se obtuvieron los índices de identidad nucleotídica al comparar los genes *cp* y *rep* del virus encontrado y algunos representantes de los geminivirus.

Se utilizó parte de la secuencia del *cp* obtenido para comparar filogenéticamente el virus encontrado con otros geminivirus. El alineamiento de las secuencias fue realizado con el algoritmo Clustal del programa BioEdit (Hall 1999), y el análisis filogenético se hizo con el programa MEGA 3 (Kumar *et al.* 2004).

La región hipervariable muestra tanta diversidad entre los diferentes geminivirus que puede ser utilizada como sonda específica con la técnica de hibridación molecular. Por tal motivo, el clon de la región hipervariable del MCMV será utilizado como sonda específica en estudios epidemiológicos futuros.

Resultados y discusión

En el Estado Lara, Venezuela, se observaron plantas de melón con síntomas de mosaico clorótico en las hojas, así como la presencia de moscas blancas; por ello, se sospechó que podría existir infección por geminivirus en dichas plantas.

Se logró amplificar ADN viral con los iniciadores descritos, y las tallas de los fragmentos amplificados fueron las esperadas para geminivirus bipartitas (1400 pb y 400 pb para el ADN A y el ADN B, respectivamente). Por lo tanto, se comprueba que las plantas de melón observadas estaban infectadas con geminivirus.

Se obtuvieron dos clones de la parte superior del componente A para dos muestras diferentes y tres clones de la región hipervariable para una de las muestras.

Cuadro 1. Geminivirus utilizados en los análisis de comparación de secuencias con los respectivos números de acceso del GenBank.

Nombre del virus	ADN A	ADN B	Abreviatura
African cassava mosaic virus	NC001467	NC001468	ACMV
Bean calico mosaic virus	AF110189	AF110190	BCaMV
Bean dwarf mosaic virus	M88179	M88180	BDMV
Bean golden mosaic virus – [Brazil]	M88686	M88687	BGMV-[BZ]
Bean golden yellow mosaic virus	NC001439	NC001438	BGYMV
Chino del tomate virus	U57458	AF007823	ToLCrV
Chayote yellow mosaic virus	AJ223191		ChaYMV
Cucurbit leaf curl virus	AF224760	AF224761	CuLCuV
Dicliptera yellow mottle virus	AF170101	AF139168	DiYMoV
Macroptilium yellow mosaic Florida virus	AY044135	AY044136	MaYMFV
Okra yellow vein mosaic virus – [201]	AJ002451		OYVMV-[201]
Pepper golden mosaic virus	U57457	AF499442	PepGMV
Potato yellow mosaic virus – Venezuela	D00940	D00941	PYMV-VE
Rhynchosia golden mosaic virus	AF239671		RhGMV
Sida golden mosaic virus	AF049336	AF039841	SiGMV
Sida mottle virus – [Brazil]	AY090555		SiMoV-[BZ]
Sida yellow mosaic virus – [Brazil]	AY090558		SiYMV-[BZ]
Sida yellow vein virus	Y11099	Y11100	SiYV
Squash leaf curl virus	M38182	M38183	SLCV
Squash mild leaf curl virus – [Imperial Valley]	AF421552	AF421553	SMLCV-[IV]
Squash yellow mild mottle virus – [CR]	AY064391	AF440790	SYMMoV-[CR]
Tomato golden mosaic virus – Yellow vein	K02029	K02030	TGMV-YV
Tomato mottle virus – [Florida]	L14460	L14461	ToMoV-[FL]
Tomato rugose mosaic virus	NC002555	NC002556	ToRMV
Tomato yellow leaf curl virus	X15656		TYLCV
Watermelon chlorotic stunt virus	AJ012081	AJ012082	WmCSV

Cuadro 2. Comparación de secuencias nucleotídicas del genoma de MCMV con otros geminivirus de los principales grupos filogenéticos. Los números indican el porcentaje de identidad en la secuencia nucleotídica del gen de la proteína asociada a la replicación (*rep*) y el gen de la proteína de cubierta (*cp*).

REP		CP	
Geminivirus	Identidad	Geminivirus	Identidad
MCMV	1,000	MCMV	1,000
SMLCV-IV	0,791	BCaMV	0,821
CuLCuV	0,766	SLCV	0,818
SLCV	0,742	CuLCuV	0,810
BCaMV	0,736	SMLCV-IV	0,810
SYMMoV-CR	0,722	SYMMoV-CR	0,808
PepGMV	0,697	PepGMV	0,781
OYVMV-201	0,567	SiMoV-BZ	0,778
ToLCrV	0,562	SiGMV	0,776
DiYMoV	0,555	SiYMV-BZ	0,774
TGMV-YV	0,555	BGMV-BZ	0,773
BDMV	0,551	RhGMV	0,773
SIGMV	0,551	TGMV-YV	0,770
ToMoV-FL	0,547	MaYMFV	0,770
BGYMV	0,540	BDMV	0,766
BGMV-BZ	0,539	ToLCrV	0,760
SiYV	0,539	PYMV-VE	0,757
PYMV-VE	0,535	BGYMV	0,748
TYLCV	0,532	ToMoV-FL	0,746
MaYMFV	0,530	SiYV	0,743
RhGMV	0,529	ToRMV	0,735
SiYMV-BZ	0,526	DiYMoV	0,730
SiMoV-BZ	0,522	OYVMV-201	0,639
ChaYMV	0,520	TYLCV	0,591
ToRMV	0,520	WmCSV	0,586
WmCSV	0,505	ACMV	0,574
ACMV	0,500	ChaYMV	0,568

De acuerdo con los índices de identidad obtenidos al comparar las secuencias con las de otros geminivirus (Cuadro 1), el virus encontrado comparte menos de un 82% de identidad (Cuadro 2), lo cual está por debajo del límite establecido por el Comité Internacional para la Taxonomía de Virus (ICTV por sus siglas en inglés) para especies de geminivirus diferentes

(Mayo y Pringle 1998). Por tal motivo, se nombró este nuevo virus como "virus del mosaico clorótico del melón" (*melon chlorotic mosaic virus*, MCMV) y se introdujo la secuencia de la parte superior del componente A del genoma viral en la base de datos GenBank (*National Center of Biotechnology Information*, NCBI) bajo el número de acceso AF 453447 (11 de diciembre del 2001).

Al alinear la secuencia de la proteína Rep del nuevo virus con secuencias homólogas en otros geminivirus, se observa una inserción de cinco aminoácidos cerca del extremo aminoterminal, lo cual no se observa en otras proteínas Rep, salvo en el caso del SYMMoV, que posee una inserción de 10 aminoácidos en la misma posición que el MCMV (Fig. 1). No se conoce la función que pueda tener esta inserción, aunque otros geminivirus poseen pequeñas inserciones en otros sitios de la proteína Rep (tal como el CuLCuV). Esto podría indicar que la estructura de la proteína Rep soporta un cierto grado de variación en la secuencia de aminoácidos.

Según los análisis filogenéticos, el MCMV se encuentra en el mismo grupo que los geminivirus SYMMoV y SLCV, los cuales infectan cucurbitáceas. No obstante, muestra cierta homología con el virus BCaMV (Fig. 2), que infecta frijol, pero Brown *et al.* (1999) mencionan que pertenece al mismo subgrupo de los geminivirus que infectan cucurbitáceas.

La proteína Rep del MCMV presentó poca similitud con respecto a otras proteínas Rep, considerando que, generalmente, se trata de una proteína muy conservada entre los diferentes geminivirus (Cuadro 2).

Al comparar la región intergénica del MCMV con la región intergénica de los geminivirus que se encuentran en el grupo del SLCV, se observan los mismos motivos de unión a Rep, iniciación de replicación e iterones. No obstante, se destaca la ausencia de 11 nucleótidos corrientes abajo del promotor del gen *rep*, que solo es compartida por el SMLCV-IV (Fig. 3).

El MCMV comparte particularidades con varios virus del grupo del SLCV, por lo que es posible que se hayan llevado a cabo varios eventos de recombinación en el origen de este virus.

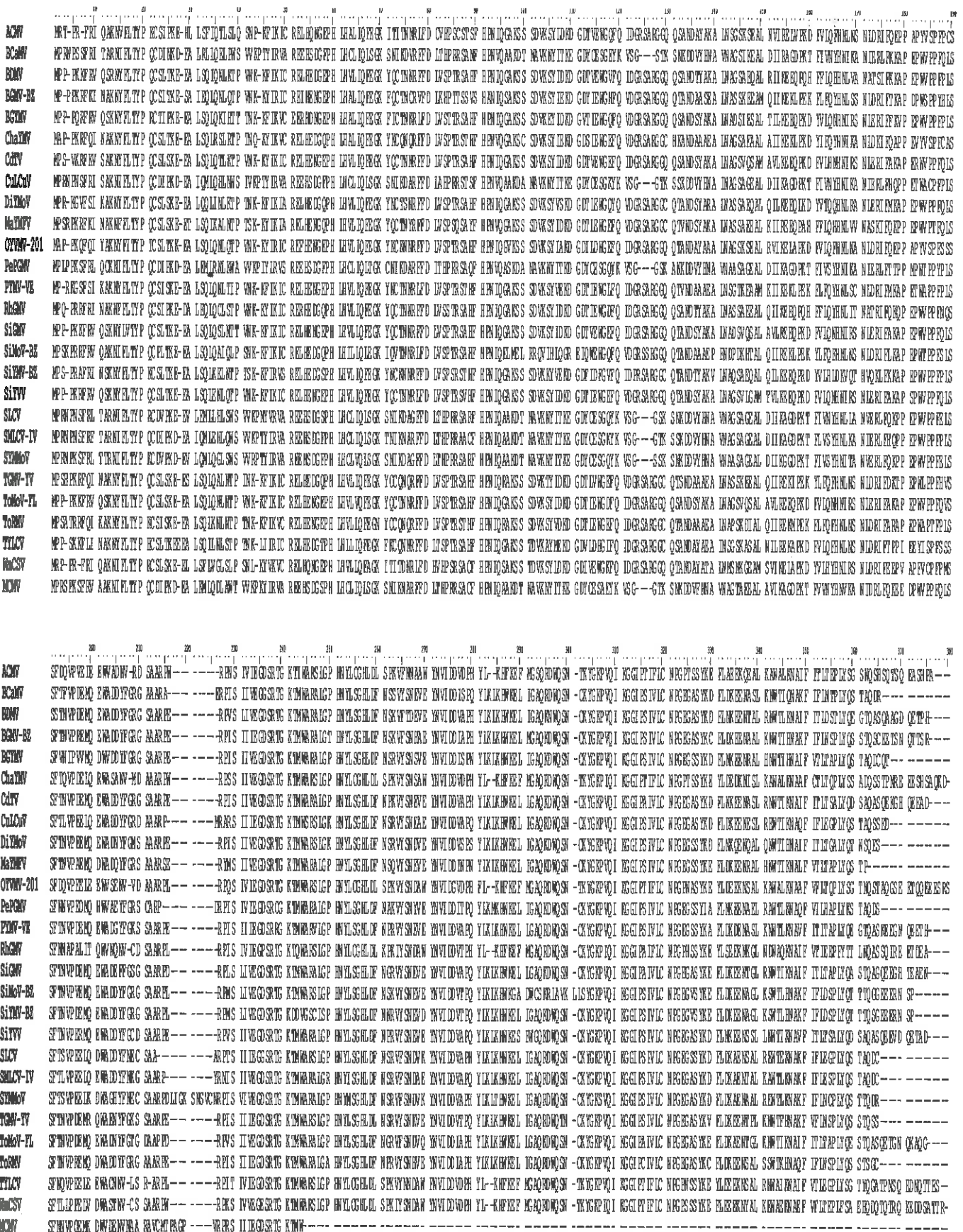


Figura 1. Alineamiento de la secuencia de aminoácidos de la región aminoterminal de la proteína Rep para diferentes geminivirus.

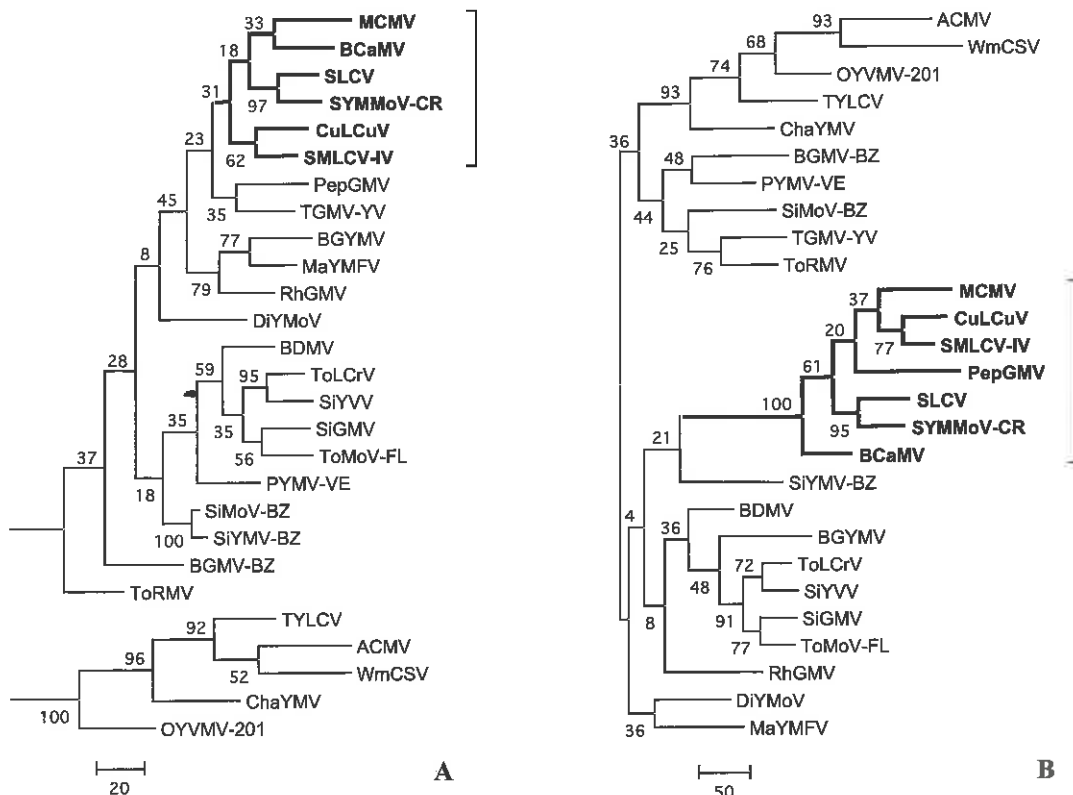


Figura 2. Árboles filogenéticos obtenidos a partir de las secuencias nucleotídicas parciales de los genes *cp* (A) y *rep* (B) para 27 geminivirus. Los árboles filogenéticos fueron obtenidos por el método de máxima parsimonia del programa MEGA 3 (Kumar *et al.* 2004). Los parámetros utilizados fueron los predeterminados, con la excepción de una prueba con 500 bootstrap con un valor aleatorio inicial de 64348. La escala bajo el árbol es una medida de la distancia relativa entre las secuencias y los números entre las ramas corresponden a los bootstraps.

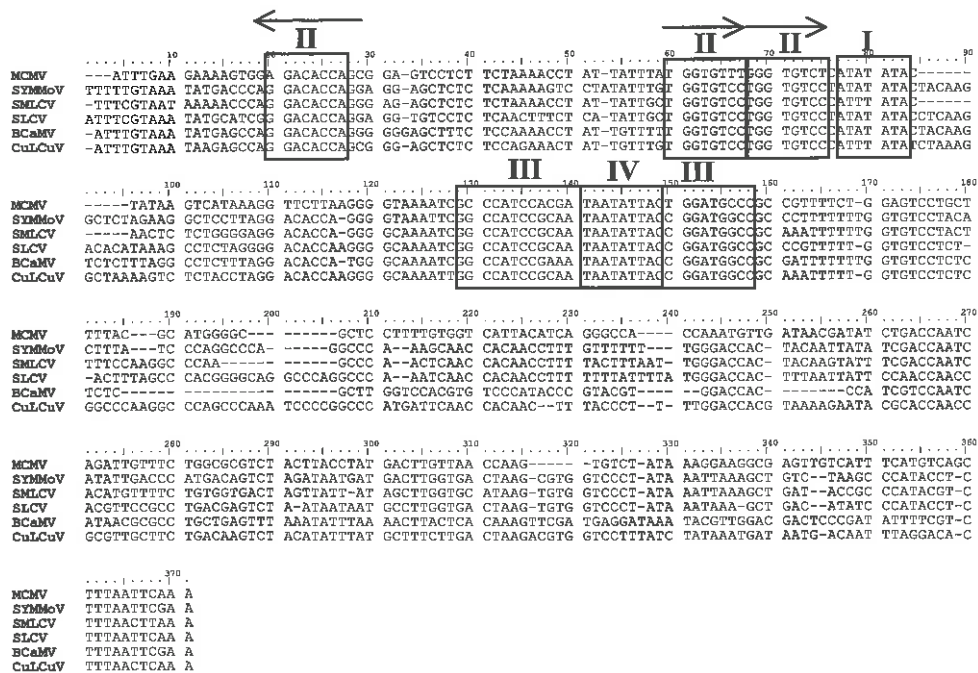


Figura 3. Secuencias de las regiones intergénicas de los begomovirus que pertenecen al grupo del SCLV. Se destacaron la caja TATA del promotor para el gen *rep* (I), los iterones o sitios de unión de la proteína Rep (II) y la estructura conservada de tallo (III) y asa (IV).

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado parcialmente por el *International Centre for Genetic Engineering and Biotechnology (ICGEB), Collaborative Research Programme 2002*. Los autores agradecen la colaboración de Rafael Rivera-Bustamante (CINVESTAV, Irapuato, México) por sus sugerencias.

Literatura citada

- Arguello-Astorga, GR; Guevara-Gonzalez, RG; Herrera-Estrella, LR; Rivera-Bustamante, RF. 1994. Geminivirus replication origins have a group-specific organization of iterative elements: A model for replication. *Virology* 203:90-100.
- _____; Lopez-Ochoa, L; Kong, LJ; Orozco, BM; Settlege, SB; Hanley-Bowdoin, L. 2004. A novel motif in geminivirus replication proteins interacts with the plant retinoblastoma-related protein. *Journal of Virology* 78(9):4817-4826.
- Brown, JK; Ostrow, KM; Idris, AM; Stenger, DC. 1999. Biotic, molecular, and phylogenetic characterization of *bean calico mosaic virus*, a distinct begomovirus species with affiliation in the squash leaf curl virus cluster. *Phytopathology* 89:273-280.
- _____; Idris, AM; Alteri, C; Stenger, D. 2002. Emergence of a New Cucurbit-Infecting Geminivirus Species Capable of Forming Viable Reassortants with Related Viruses in the *Squash leaf curl virus* Cluster. *Phytopathology* vol 92:7:734-742.
- Chatterji, A; Beachy, R; Fauquet, CM. 2001. Expression of the oligomerization domain of the replication-associated protein (rep) of tomato leaf curl New Delhi virus interferes with DNA accumulation of heterologous geminiviruses. *The Journal of Biological Chemistry* 276(27):25631-25638.
- Dellaporta, SL; Wood, J; Hicks, JB. 1983. A Plant DNA Miniprep. *Plant Molecular Biology Reporter* 4:19-21.
- Elmer, JS; Brand, L; Sunter, GE; Gardiner, E; Bisaro, DM; Rogers, SG. 1988. Genetic analysis of tomato golden mosaic virus II. The product of the AL1 coding region is required for replication. *Nucleic Acids Research* 16:7043-7060.
- Fontes, EPB; Luckow, VA; Hanley-Bowdoin, L. 1992. A geminivirus replication protein is a sequence-specific DNA binding protein. *Plant Cell* 4:597-608.
- _____; GladFelter, HJ; Schaffer, RL; Petty, ITD; Hanley-Bowdoin, L. 1994a. Geminivirus replication origin has a modular organization. *Plant Cell* 6:405-416.
- _____; Eagle, PA; Sipe, PS; Luckow, VA; Hanley-Bowdoin, L. 1994b. Interaction between a geminivirus replication protein and origin DNA is essential for virus replication. *The Journal of Biological Chemistry* 269:8459-8465.
- Frischmuth, T; Engel, M; Lauster, S; Jeske, H. 1997. Nucleotide sequence evidence for the occurrence of three distinct whitefly-transmitted, *Sida* infecting bipartite geminiviruses in Central America. *Journal of General Virology* 78:2675-2682.
- Gilbertson, RL; Hidayat, SH; Paplomatas, EJ; Rojas, MR; Hou, YM; Maxwell, DP. 1993. Pseudorecombination between infectious cloned DNA components of tomato mottle and bean dwarf mosaic geminiviruses. *Journal of General Virology* 74:23-31.
- Hall, TA. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symp. Ser.* 41:95-98.
- Hanley-Bowdoin, L; Elmer, JS; Rogers, SG. 1990. Expression of functional replication protein from tomato golden mosaic virus in transgenic tobacco plants. *Proceedings of the National Academy of Science USA* 87:1446-1450.
- Holdridge, LR. 1967. Life zone ecology. San José, CR, Tropical Science Center. 216 p.
- Karkashian, JP; Maxwell, DP; Ramírez, P. 2001. Squash yellow mottle virus: a new cucurbit-infecting geminivirus from Costa Rica. *Reunión Anual APS-CD (41, 2001, Cuba). Memorias. Varadero, CU.* p. 68.
- Kong, LJ; Orozco, BM; Roe, JL; Nagar, S; Ou, S; Feiler, HS; Durfee, T; Miller, AB; Gruissem, W; Robertson, D; Hanley-Bowdoin, L. 2000. A geminivirus replication protein interacts with the retinoblastoma protein through a novel domain to determine symptoms and tissue specificity of infected plants. *The EMBO Journal* 19(13):3485-3495.
- Kumar, S; Tamura, K; Nei, M. 2004. MEGA3: Integrated software for Molecular Evolutionary Genetics Analysis and sequence alignment. *Briefings in Bioinformatics. (En revisión).*
- Lazarowitz, SG. 1992. Geminiviruses: Genome structure and gene function. *Critical Reviews in Plant Sciences* 11:327-349.
- Lucioli, A; Noris, E; Brunetti, A; Tavazza, A; Valentino, Ruzza; Araceli, G; Bejarano, E; Acotto, GP; Tabaza, M. 2003. Tomato yellow leaf curl Sardinia virus rep-derived resistance homologous and heterologous geminivirus occurs by different mechanisms and is overcome if virus-mediated transgene silencing is activated. *Journal of Virology* 77(12):6785-6798.
- Mansoor, S; Bridson, RW; Zafar, Y; Stanley, J. 2003. Geminivirus disease complexes: an emerging threat. *Trends in Plant Science* 8(3):128-134.
- Morales, F; Anderson, P. 2001. The emergence and dissemination of whitefly-transmitted geminiviruses in Latin America. *Archives of Virology* 146:415-441.
- Mayo, MA; Pringle CR. 1998. *Virus Taxonomy-1997*. *Journal of General Virology* 79:649-657.
- Nouéiry, AO; Lucas, WJ; Gilbertson, RL. 1994. Two proteins of a plant DNA virus coordinate nuclear and plasmodesmal transport. *Cell* 76:925-932.
- Orozco, BM; Miller, AB; Settlege, SB; Hanley-Bowdoin, L. 1997. Functional domains of geminivirus replication protein. *The Journal of Biological Chemistry* 272:9840-9846.
- Padidam, M; Beachy, RN; Fauquet, CM. 1995. Classification and identification of geminiviruses using sequence comparisons. *Journal of General Virology* 76:249-263.
- Ramos, PL; Guevara-González, RG; Peral, R; Ascencio-Ibañez, JT; Polston, JE; Arguello-Astorga, GR; Vega-Arregún, JC; Rivera-Bustamante, RF. 2003. Tomato mottle virus pseudorecombines with PYMV but not with ToMoV: Implications for the delimitation of cis- and trans-acting replication specificity determinants. *Archives of Virology* 148:1697-1712.
- Revington, GN; Sunter, G; Bisaro, DM. 1989. DNA sequences essential for replication of the B genome component of tomato golden mosaic virus. *Plant Cell* 1:985-992.

- Rojas, MR; Gilbertson, RL; Russell, DR, Maxwell, DP. 1993. Use of degenerate primers in the polymerase chain reaction to detect whitefly-transmitted geminiviruses. *Plant Disease* 77:340-347.
- Sambrook, J; Fritsch, EF; Maniatis, T. 1989. *Molecular cloning. A laboratory manual*. 2 ed. New York, US, Cold Spring Harbor Laboratory. 574 p.
- Sunter, G; Hartitz, MD; Hormuzdi, SG; Brough, CL; Bisaro, DM. 1990. Genetic analysis of tomato golden mosaic virus: ORF AL2 is required for coat protein accumulation while ORF AL3 is necessary for efficient DNA replication. *Virology* 179:69-77.
- _____; Bisaro, DM. 1992. Transactivation of geminivirus AR1 and BR1 gene expression by the viral AL2 gene product occurs at the level of transcription. *Plant Cell* 4:1321-1331.
- _____; Gardiner, WE; Rushing, AE; Rogers, SG; Bisaro, DM. 1987. Independent encapsidation of tomato golden mosaic virus A component DNA in transgenic plants. *Plant Molecular Biology* 8:477-484.
- Yang, Y; Sherwood, TA; Patte, CP; Hiebert, E; Polston, JE. 2004. Use of tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) rep gene sequences to engineer TYLCV resistance in tomato. *Phytopathology* 94(5):490-496.
- Zúñiga-Vega, C; Ramírez, P. 2002. Los geminivirus, patógenos de importancia mundial. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 64:25-33.

Avaliação de fungos entomopatogênicos para *Ceratitis capitata*

Sérgio B. Alves¹
Luciana S. Rossi¹
Júlio M. M. Walder²
Solange A. Vieira¹

RESUMEN. Evaluación de hongos entomopatógenos para el control de *Ceratitis capitata*. Se evaluó la eficacia de cepas de hongos entomopatógenos y del producto comercial Metarril en diferentes estados del desarrollo de *Ceratitis capitata*, una de las especies de moscas de las frutas más importantes que ocurren en cítricos en Brasil. Seis especies de hongos entomopatógenos fueron inoculados por inmersión en pupas de *C. Capitata*, en una concentración de 1×10^8 conidios/mL. En condiciones de laboratorio e invernadero, se evaluó el efecto de las cepas seleccionadas y del producto comercial (1×10^8 y 1×10^7 conidios/mL) en prepupas mantenidas en diferentes sustratos. Las cepas más eficientes en pupas y prepupas fueron aplicadas tópicamente en adultos (1×10^8 conidios/mL). En todas las situaciones evaluadas se observaron elevados índices de mortalidad causados por los patógenos. Las cepas de *Metarhizium anisopliae* y el producto comercial Metarril causaron elevada mortalidad en todos los estados de desarrollo de *C. capitata* evaluados, pudiendo ser utilizados como agentes biológicos de control de este insecto.

Palabras clave: control biológico, control microbiano, *Metarhizium anisopliae*, Metarril, moscas de la fruta.

ABSTRACT. Evaluation of entomopathogenic fungi in the control of *Ceratitis capitata*. The efficacy of different strains of entomopathogenic fungi and the commercial formulation Metarril were evaluated against different developmental stages of *Ceratitis capitata*, the most important pest in citrus groves in Brazil. Six species of entomopathogenic fungi were inoculated on the pupae stage of *C. capitata* by immersion (1×10^8 spores/mL). The pre-selected isolates and the Metarril formulation (1×10^8 and 1×10^7 spores/mL) were applied on the pre-pupae stage with different substrates, and their effect was evaluated under laboratory and field conditions. The highest activity was observed when the isolates were applied topically on adults (1×10^8 spores/mL). Mortality of *C. capitata* pupae was observed in all species of fungi (33.0 to 99.0%). *Metarhizium anisopliae* isolates and the commercial formulation Metarril caused high mortality in all development stages of *C. capitata*. Therefore, this fungus can be used as a biological control agent of the pupae stage of *C. capitata*.

Key words: Biological control, fruit fly, *Metarhizium anisopliae*, Metarril, microbial control.

Introdução

As principais espécies de moscas-das-frutas de importância econômica estão distribuídas entre os gêneros *Anastrepha*, *Bactrocera*, *Ceratitis* e *Rhagoletis* (Zucchi 1999). A mosca *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) é a que apresenta maior distribuição territorial em todo o mundo, tendo sido descrita em 20 países, em 211 plantas cultivadas e 102 hospedeiros silvestres. Para a maioria das fruteiras comerciais, as

perdas na produção ocasionadas por estes insetos variam entre 10 a 50% (Samperio & Valenzuela 1992).

A ocorrência de *C. capitata* está relacionada, preferencialmente, a sua grande capacidade de infestar plantas exóticas e introduzidas, com destaque ao café (*Coffea arabica*), um dos principais hospedeiros primários deste inseto (Malavasi & Morgante 1980). A incidência desta praga em

¹ Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – Piracicaba (SP). Brasil. sebalves@esalq.usp.br

² Laboratório de Radiação de Alimentos e Radioentomologia - CENA/USP – Piracicaba, (SP). Brasil.

hospedeiros introduzidos propicia o aumento de sua população, a qual passa a atacar com grande intensidade hospedeiros secundários, como acontece com os citros (Nascimento & Carvalho 1999). Assim, devido a grande participação o estado de São Paulo no mercado de exportação de citros, *C. capitata* assume o “status” de praga quarentenária, limitando as possibilidades de venda deste produto a outros países (Souza Filho *et al.* 1999).

A dinâmica populacional das moscas-das-frutas depende de uma série de fatores que atuam em seu desenvolvimento, especialmente com relação aos estágios imaturos. Além de fatores abióticos, uma ou outra etapa do desenvolvimento do inseto é atacada por parasitas, predadores ou patógenos (Nascimento & Carvalho 1999). Assim, em um programa de manejo integrado de pragas, táticas de controle que permitam o estabelecimento e a atuação destes inimigos naturais são essenciais na manutenção do equilíbrio do agroecossistema. No entanto, o controle de mosca das frutas tem sido feito exclusivamente com inseticidas químicos, não existindo ainda métodos alternativos para ser usado na citricultura orgânica.

Com relação aos patógenos, já se verificou a ocorrência natural de *Cordyceps*, Entomophthorales e alguns deuteromicetos, vírus e nematóides (Lindgren *et al.* 1990, Carvalho *et al.* 1999). No entanto, poucas pesquisas têm sido realizadas visando a utilização prática destes entomopatógenos (Alves 1998, Carvalho *et al.* 1999). Para *C. capitata* e outros dípteros, as espécies de fungos mais importantes são *Metarhizium anisopliae* e *Paecilomyces fumosoroseus* (Kuramoto & Schinaku 1992, Castillo *et al.* 2000). No Brasil, estudos de patogenicidade de *M. anisopliae* var. *anisopliae* a adultos de *C. capitata* foram realizados comprovando a eficiência e a alta virulência deste patógeno (Garcia *et al.* 1980, Garcia *et al.* 1984). Para a espécie *A. fraterculus*, Carneiro &

Sales (1994) testaram isolados de *Beauveria bassiana*, *P. lilacinus* e *P. fumosoroseus* e verificaram a patogenicidade desta última espécie.

O objetivo desta pesquisa foi selecionar isolados de fungos entomopatogênicos altamente virulentos para adultos, pupas e pré-pupas de *C. capitata* com a finalidade de utilização no manejo integrado desta praga principalmente na citricultura orgânica.

Material e métodos

Criação e manutenção de *C. capitata*

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Patologia e Controle Microbiano de Insetos do Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em Piracicaba (SP).

Os adultos, pré-pupas e pupas de *C. capitata*, foram obtidas da criação massal do Laboratório de Irradiação de Alimentos e Radioentomologia do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA-USP), segundo Walder (2002).

Produção dos isolados de fungos entomopatogênicos

Os isolados dos fungos testados foram os provenientes do banco de patógenos do laboratório de Patologia e Controle Microbiano de Insetos da ESALQ/USP, onde encontram-se convenientemente armazenados. A origem e os hospedeiros dos isolados testados encontram-se na Tabela 1. Além dos isolados do laboratório, foi testado o produto comercial Metarril formulado a base de *M. anisopliae*. Para pupas testou-se os isolados 1200; 972; 1037; E9; 447 e PL63 e em adultos e pré-pupas apenas E9 e 1037.

A produção do inóculo foi feita utilizando-se como substrato meio de cultura sólido (0,36 g de KH_2PO_4 ; 1,05 g de $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,60 g de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 1,0 g de KCl; 10,0 g de glucose; 5 g de

Tabela 1. Isolados de fungos entomopatogênicos utilizados nos bioensaios com adultos, pré-pupas e pupas de *Ceratitis capitata*.

Isolado	Espécie	Procedência	Hospedeiro
1200	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	Amélio Rodrigues (BA)	<i>Mahanarva posticata</i>
972	<i>Lecanicillium</i> sp.	Piracicaba (SP)	<i>Coccus viridis</i>
1037	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Porto Alegre (RS)	<i>Solenopsis</i> sp.
E9	<i>M. anisopliae</i>	Boca da Mata (AL)	<i>M. posticata</i>
447	<i>Beauveria bassiana</i>	Cuiabá (MT)	<i>Solenopsis invicta</i>
PL63	<i>B. bassiana</i>	Piracicaba (SP)	<i>Atta</i> sp.

extrato de levedura; 20 g de ágar; 1000 mL de água destilada), previamente esterilizado em autoclave a 120 °C durante 20 minutos. Em placas de Petri contendo o meio de cultura solidificado, foi transferida uma pequena porção de conídios com o auxílio de uma alça de platina, os quais foram espalhados por toda a área da placa com alça de Drygalski. Após a inoculação, as placas foram mantidas em câmara climatizada (Biological Oxygen Demand) a 27±0,5 °C e 12 horas de fotofase durante 10 dias.

Para o preparo das suspensões, foram utilizados conídios produzidos nestas placas, os quais foram transferidos para tubos esterilizados contendo água estéril mais 0,01% de espalhante adesivo (Tween® 40). A partir de três diluições em série foi quantificado o número de conídios em câmara de Neubauer e em seguida preparada uma suspensão contendo 1x10⁸ conídios viáveis/mL.

O produto comercial Metarril (isolado ESALQ-E9) composto por conídios mais arroz moído foi testado somente em pré-pupas na concentração indicada pelo fabricante (1x10⁷ conídios/mL). Este produto é recomendado para o controle de cigarrinha das pastagens, cigarrinhas da folha e cigarrinha da raiz da cana-de-açúcar.

Bioensaios com pupas

Neste experimento, efetuou-se a inoculação de uma suspensão de conídios do patógeno em pupas de *C. capitata* com 5 dias de idade, conforme o seguinte procedimento.

Em uma placa de Petri previamente esterilizada, adicionou-se 5 mL de uma suspensão de 1x10⁸ conídios/mL na qual as pupas foram mantidas em imersão durante 1 minuto. Após este período, as pupas foram retiradas e colocadas dentro de copos plásticos de 7,5 cm de diâmetro e 9,5 cm de comprimento, os quais foram fechados com tampa plástica perfurada para permitir a ventilação no interior do recipiente. Após a transferência das pupas, os copos plásticos foram acondicionados em câmara climatizada (B.O.D.) a 27±0,5 °C, 70±10% de UR e 12 horas de fotofase

Cada isolado testado consistiu em um tratamento, totalizando 100 pupas de *C. capitata* por tratamento distribuídas em 5 repetições (20 pupas/repetição). No tratamento testemunha, as pupas foram imersas em água estéril mais espalhante adesivo a 0,01% (Tween® 40).

A avaliação da mortalidade de pupas e do número de adultos emergidos foi realizada a partir do sétimo dia após o início do bioensaio.

Bioensaios com pré-pupas

Bioensaio 1

No primeiro bioensaio com pré-pupas foi avaliada a eficiência dos patógenos utilizando-se dois tipos de substratos: vermiculita e solo, esterilizados e não esterilizados.

Inicialmente, realizou-se a coleta de solo em uma área de mata virgem, sendo uma amostra deste material e uma amostra de vermiculita, esterilizadas em autoclave a 120 °C por um período de 20 minutos.

Nos tratamentos em que utilizou-se solo, 30 g deste substrato foram colocados em copos de plástico, separadamente. De maneira semelhante, adicionou-se aos recipientes 5 g de vermiculita. Após a adição dos substratos, foram colocadas em cada copo 20 pré-pupas de mesma idade de *C. capitata*, totalizando 5 repetições por tratamento, sendo cada copo considerado uma repetição.

Ambos os substratos foram inoculados com 5 mL da suspensão de 1x10⁸ conídios viáveis/mL, imediatamente após a transferência das pré-pupas, utilizando-se uma pipeta estéril. No tratamento testemunha foi aplicada água estéril mais espalhante adesivo (Tween® 40) a 0,01%. Em seguida, os copos foram fechados com tampa plástica furada e transferidos para sala climatizada a 26±5 °C, 12 horas de fotofase e 70±10% de umidade relativa. Visando obter melhor condição ao desenvolvimento dos insetos, os copos foram cobertos com um plástico preto, durante todo o período de estudo.

Ao sétimo dia após a inoculação avaliou-se o número de pupas inviáveis e com sintomas de infecção, além dos adultos emergidos. As pupas inviáveis foram transferidas para câmara úmida (placas acrílicas contendo algodão umedecido) visando a esporulação do patógeno e confirmação da mortalidade.

Bioensaio 2

Nesta fase foi avaliado o efeito do produto Metarril em pré-pupas de *C. capitata* em duas condições: no laboratório, onde os insetos foram mantidos em diferentes tipos de substrato (vermiculita estéril e não estéril; solo estéril e não estéril); em semi-campo, onde os insetos foram mantidos em dois tipos de solos diferentes, em mudas de citros.

No laboratório, os substratos foram acondicionados em copos plásticos sendo que cada copo foi preenchido com um único material (5 g no caso de vermiculita e 30 g no caso de solo). Os insetos foram colocados sobre o substrato (20 pré-pupas) os quais, após 5 minutos aproximadamente, penetraram para o interior do copo. Em seguida, aplicou-se 5 mL de uma suspensão de 1×10^7 conídios/mL sobre cada substrato. Foram realizadas 20 repetições com 20 pré-pupas por repetição, sendo que, além do tratamento com o produto foi realizado um tratamento testemunha (água estéril mais espalhante adesivo). Após 7 dias da aplicação o efeito do produto na sobrevivência do inseto foi avaliado quando o mesmo estava na fase de pupas.

Para os ensaios de semi-campo as mudas cítricas utilizadas foram as da variedade 'Pêra Rio', cultivadas isoladamente em recipientes plásticos com furo na extremidade posterior. Dentro de cada recipiente foram colocados 400 g de solo, sendo que para cada tratamento foram testados dois tipos diferentes quanto a textura: Argissolo Vermelho-Amarelo (Ava) proveniente de Piracicaba (SP) e Latossolo Vermelho-Escuro (Lve) proveniente de Santa Rita do Passa Quatro (SP).

Foram realizados dois tratamentos: água destilada e o produto Metarril aplicado na concentração de 1×10^7 conídios/mL. Cada muda foi considerada como uma repetição e para cada tratamento aplicou-se sobre o solo um volume de calda de 100 mL. Foram realizadas três repetições por tratamento sendo que em cada repetição foram utilizadas 200 pré-pupas colocadas sobre o solo após a aplicação da suspensão de conídios.

As avaliações foram realizadas 14 dias após a aplicação, contando-se o número de adultos emergidos. Cada muda foi coberta por um tecido "voil" preso à planta na região do porta-enxerto com barbante e amarrado na parte mais inferior do recipiente plástico com fita adesiva. A confecção desta "gaiola" evitou a fuga dos adultos e permitiu a avaliação. Durante todo período de estudo, as mudas foram mantidas dentro de casa-de-vegetação sobre uma bandeja com lâmina de água.

Bioensaios com adultos

No ensaio com adultos de *C. capitata* foram utilizados os isolados 1037 e E9 de *M. anisopliae*. Os adultos foram obtidos a partir de 20 pupas que foram acondicionadas em recipientes plásticos com tampa furada, contendo alimento e água. A água foi oferecida em tubos de ensaio de plástico contendo um algodão umedecido na ponta e o alimento foi constituído de uma mistura de farinha de minhoca e açúcar refinado na proporção de 1:1, fornecida em tampa de plástico. Após a emergência de todos os adultos, efetuou-se a aplicação tópica do patógeno.

Para inoculação, os adultos foram submetidos durante 30 segundos à exposição de CO_2 . Em seguida, foram separados 15 adultos e cada um recebeu na região do protórax, por meio de aplicador tópico (Burkard, Inglaterra), 1 microlitro de uma suspensão de 1×10^8 conídios/mL do patógeno. No tratamento testemunha foi aplicada água estéril mais espalhante adesivo. Para cada isolado testado foram preparadas 5 repetições com 15 insetos. As avaliações foram realizadas ao terceiro, sexto, nono e décimo segundo dias após a aplicação contando-se o número de mortos.

Análise estatística

Para o experimento com adultos, os resultados foram submetidos à análise de comparação de médias (Tukey a 5%). O delineamento experimental utilizado nos experimentos com pré-pupas foi o de parcelas subdivididas ("Split-plot") e os resultados obtidos submetidos à análise de variância complexa e teste de Tukey (5%). O programa estatístico empregado foi o SANEST. Para o cálculo da porcentagem de eficiência foi utilizada a fórmula proposta por Henderson & Tilton (1955).

Resultados e discussão

Bioensaios com estágios imaturos de *C. capitata*

Todos os isolados das espécies de fungos testadas foram patogênicos para pupas de *C. capitata*, com uma variação na mortalidade média de 33% a 99% (Tabela 2).

Os isolados menos patogênicos foram os de *Lecanicillium* sp., *P. fumosoroseus* e *B. bassiana* (972; 1200; PL63 e 447, respectivamente), os quais causaram índices de mortalidade abaixo de 40%, diferindo estatisticamente da testemunha e dos isolados E9 e

1037 de *M. anisopliae*. Para outros estágios de desenvolvimento de *C. capitata* há relatos da superioridade de *M. anisopliae* em relação a outras espécies de fungos entomopatogênicos (Castillo *et al.* 2000). Em adultos, à exceção de *P. fumosoroseus*, *B. bassiana* e *Lecanicillium. lecanii* ocasionam mortalidade inferior a 30% (Castillo *et al.* 2000).

Tabela 2. Porcentagem de mortalidade média (\pm EP) de pupas de *Ceratitis capitata* inoculadas com suspensão de 1×10^8 conídios/mL de fungos entomopatogênicos.

Isolados	Mortalidade média de pupas (%) \pm EP
E9	99,0 \pm 1 a
1037	90,0 \pm 2,73 a
447	36,0 \pm 1,87 b
PL63	36,0 \pm 2,44 b
1200	34,0 \pm 2,92 b
972	33,0 \pm 4,06 b
Testemunha	7,0 \pm 2,54 c

Médias (\pm EP) seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A mortalidade pupal média causada pelos isolados E9 e 1037 foi superior a 90% em relação aos demais tratamentos. Testes em larvas de terceiro ínstar de *Anastrepha ludens* comprovaram que a aplicação de suspensões de 1×10^8 UFC/mL de diferentes isolados de *M. anisopliae* ocasionou mortalidade máxima de 98,7%, apesar da grande variabilidade dos materiais testados (Lezama-Gutierrez *et al.* 2000). Outras espécies de dípteros como *Glossina* spp. e *Musca domestica* também foram bastante susceptíveis a *M. anisopliae* (Maniania 1998, Renn *et al.* 1999). Assim, os isolados E9 e 1037 que apresentaram maior patogenicidade foram selecionados para os testes com pré-pupas e adultos.

No primeiro experimento realizado com pré-pupas de *C. capitata* observou-se diferença entre os isolados E9 e 1037 de *M. anisopliae* (Tabela 3). Devido ao tempo necessário para a empupação do inseto ser

menor do que o tempo de incubação do patógeno no inseto, não se observou efeito dos patógenos em pré-pupas de *C. capitata*. Entretanto, houve diferença estatística significativa na mortalidade de pupas para os dois isolados testados em todos os substratos. Tanto E9 quanto 1037 causaram altos índices de mortalidade de pupas após uma semana da aplicação, comprovando a eficiência de *M. anisopliae* para este estágio de desenvolvimento de *C. capitata*.

A exceção de vermiculita não estéril, houve uma variação com relação à eficiência do E9 e 1037 entre os diferentes substratos avaliados. O isolado E9 foi o que promoveu maiores índices de mortalidade de pupas nos substratos de vermiculita e solo estéril. Já o isolado 1037 foi estatisticamente superior no substrato "solo não estéril". Para os dois isolados avaliados, o único substrato em que os níveis de mortalidade foram bastante baixos foi o solo estéril. O processo de esterilização e a conseqüente eliminação de muitos microrganismos naturalmente presentes neste substrato influenciou de maneira negativa a atuação do entomopatógeno, sugerindo que pode ocorrer sinergismo entre microrganismos com potencialização do efeito do patógeno aplicado.

Do ponto de vista prático, o solo não esterilizado foi o substrato que representou melhor as condições naturais que poderiam ocorrer em uma situação de campo. Aparentemente, não houve efeito negativo deste na viabilidade dos conídios de *M. anisopliae* uma vez que a morte do inseto foi causada pelo fungo. Mesmo assim, de acordo com Alves (1998), Tanada & Kaya (1993) e Milward-de-Azevedo & Parra (1989) as características físicas do solo são capazes de afetar tanto a estabilidade e viabilidade dos entomopatógenos como também o desenvolvimento normal de *C. capitata*.

No experimento em que foi aplicado Metarril em pré-pupas observou-se mortalidade de insetos em todos os substratos avaliados (Tabela 4).

Tabela 3. Porcentagem de mortalidade média (\pm EP) de pupas por *Metarhizium anisopliae* (E9; 1037), em diferentes substratos, após uma semana da aplicação de 1×10^8 conídios/mL do patógeno.

Substratos	Tratamentos		
	E9	1037	Testemunha
Vermiculita estéril	45,5 \pm 4,21 a A	27,50 \pm 4,10 bc B	0,00 \pm 0,00 a C
Vermiculita não estéril	39,5 \pm 3,74 a A	38,0 \pm 2,89 ab A	2,50 \pm 1,11 a B
Solo estéril	16,0 \pm 4,91 b A	14,5 \pm 3,98 c B	0,5 \pm 0,5 a B
Solo não estéril	34,0 \pm 1,69 a A	46,0 \pm 4,84 a B	29,0 \pm 3,58 b A

Médias (\pm EP) seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Letras minúsculas para comparação entre médias na coluna e maiúsculas para comparações na linha.

Tabela 4. Porcentagem de mortalidade média (\pm EP) de pupas por Metarril em diferentes substratos, após uma semana da aplicação de 1×10^7 conídios/mL do patógeno.

Substratos	Tratamentos ^z		% Eficiência ^y
	Metarril	Testemunha	
Vermiculita estéril	88,5 \pm 1,58 a A	5,25 \pm 1,33 a B	87,89
Vermiculita não estéril	91,0 \pm 1,72 a A	4,25 \pm 0,978 a B	90,60
Solo estéril	55,25 \pm 3,27 b A	11,0 \pm 1,870 a B	49,15
Solo não estéril	65,5 \pm 4,04 b A	6,25 \pm 1,884 a B	61,07

^z Médias (\pm EP) seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Letras minúsculas para comparação entre médias na coluna e maiúsculas para comparações na linha.

^y Henderson & Tilton (1955).

Tabela 5. Porcentagem média (\pm EP) de adultos emergidos após 14 dias da aplicação de 1×10^7 conídios/mL de Metarril.

Substratos	Tratamentos ^z		% Eficiência ^y
	Metarril	Testemunha	
Latossolo vermelho escuro (Lve)	48,16 \pm 2,20 a A	66,33 \pm 0,88 b B	27,4
Argissolo vermelho amarelo (Ava)	48,16 \pm 3,91 a A	65,0 \pm 4,76 b B	24,6

^z Médias (\pm EP) seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Letras minúsculas para comparação entre médias na coluna e maiúsculas para comparações na linha.

^y Henderson & Tilton (1955).

A porcentagem de eficiência de controle foi superior a 60% em todos os substratos à exceção do solo estéril. Este último, semelhante ao que foi observado no primeiro experimento, influenciou negativamente a atuação do patógeno, reduzindo sua eficiência em relação às outras situações.

Os resultados do experimento realizado em casa-de-vegetação estão apresentados na Tabela 5.

Os resultados foram semelhantes aos observados nos experimentos anteriores, o tratamento com o produto Metarril promoveu maior mortalidade de pré-pupas e pupas de *C. capitata* em relação a testemunha, o que foi constatado devido as diferenças na média de adultos emergidos. Estes resultados confirmam a hipótese desta espécie ser a mais patogênica para este inseto, mesmo quando aplicado em uma concentração dez vezes inferior à testada nos bioensaios anteriores.

A umidade do substrato e seu teor de areia são os principais fatores que podem influenciar negativamente a estabilidade de muitos microrganismos entomopatogênicos (Lezama-Gutiérrez *et al.* 2000). Apesar das diferenças físicas entre os tipos de solo testados a eficiência de controle de Metarril foi semelhante em LVe e em AVa aos 14 dias da aplicação, embora tenha-se verificado que em ambos os tratamentos a emergência dos adultos em AVa ocorreu mais rápido do que em LVe. De acordo com o Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agrônomicas, solos latossólicos, especialmente LVe, apresentam

como uma das principais características fração argila inferior a 1%, sendo considerada baixa em relação a AVa. Esta condição de textura reduz significativamente a duração do período pupal de *C. capitata* (Milward-de-Azevedo & Parra 1989). Apesar destes fatores observou-se que a diferença na textura dos solos avaliados não influenciou a viabilidade e atuação do entomopatógeno sobre o inseto. De maneira semelhante, Lezama-Gutiérrez *et al.* (2000) não observaram diferenças entre a média de adultos emergidos de *A. ludens* após a aplicação de *M. anisopliae* em solos arenosos e argilosos.

As condições de temperatura e umidade relativa dentro da casa-de-vegetação apresentaram variações de 30 ± 5 °C e 70 ± 10 % durante todo período de estudo e este fator pode ter afetado em parte a eficiência de controle de *M. anisopliae*. De acordo com Alves (1998) e Fargues *et al.* (1992) esta espécie de fungo suporta variações de temperatura entre 11 e 36 °C com ótimo de 25 °C, além de exigir alta umidade relativa para seu desenvolvimento. Desta forma, dependendo das condições edafo-climáticas da região e considerando-se que há uma grande variação destas condições nos principais centros citrícolas de São Paulo, pode ocorrer diferenças na eficiência de controle do produto microbiano em função destes aspectos. Mesmo assim, estes fatores não atuam isoladamente sobre o entomopatógeno.

Assim, a aplicação inundativa do entomopatógeno deve considerar estes fatores para

Tabela 6. Porcentagem de mortalidade média (\pm EP) de adultos após 3, 6, 9 e 12 dias da aplicação tópica de 1 microlitro de suspensão (1×10^8 conídios/mL) de *Metarhizium anisopliae*.

Tratamentos	Dias após a aplicação			
	3	6	9	12
Testemunha	1,33 \pm 1,33 a A	1,33 \pm 1,33 a A	15,33 \pm 11,03 a A	12,02 \pm 4,89 a A
1037	8,00 \pm 4,89 a A	42,66 \pm 6,86 b B	54,66 \pm 8,73 b B	60,0 \pm 9,04 b B
E9	4,00 \pm 2,66 a A	29,33 \pm 12,4 b B	40,0 \pm 12,64 b B	45,33 \pm 12,89 b B

Médias (\pm EP) seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Letras minúsculas para comparação entre médias na coluna e maiúsculas para comparações na linha.

sucesso de controle. Em condições de campo, outros estudos são necessários para viabilizar a estratégia baseando-se na relação custo-benefício.

Bioensaios com adultos de *C. capitata*

O aumento da mortalidade dos adultos foi gradativo em função do tempo. Assim, os primeiros adultos mortos foram observados ao terceiro dia após a aplicação do fungo. O isolado 1037 foi superior ao E9 e à testemunha a partir do sexto dia da aplicação causando 60% de mortalidade após 12 dias (9 adultos mortos) (Tabela 6).

Estudo semelhante conduzido com adultos de *C. capitata* comprovou que *M. anisopliae* ocasiona 100% de mortalidade ao sexto dia da aplicação tópica de uma suspensão de 1×10^6 conídios/adulto (Castillo *et al.* 2000). Além dos efeitos diretos na mortalidade, aparentemente o patógeno influencia a taxa de oviposição dos insetos sobreviventes (Castillo *et al.* 2000).

Para todos os estágios de desenvolvimento do inseto, a aplicação de 1×10^8 conídios/mL mostrou-se eficiente promovendo altos níveis de mortalidade. Trabalhos anteriores comprovaram que os valores da DL_{50} e TL_{50} de *M. anisopliae* em *C. capitata* foram de 8×10^6 e 11,4 dias, respectivamente, sugerindo que a avaliação da virulência de diferentes isolados pode permitir a escolha de materiais mais eficazes na supressão da praga (Garcia *et al.* 1984).

Apesar do grande potencial de *M. anisopliae* como agente biológico de controle de *C. capitata*, estudos de patologia e controle microbiano com espécies de moscas-das-frutas são ainda incipientes. A determinação de uma estratégia de controle adequada visando a supressão de um estágio de desenvolvimento específico da praga pode ser uma contribuição ao manejo integrado em diversas frutíferas. Assim, especialmente em cultivos orgânicos, *M. anisopliae* representa uma alternativa importante

para o controle desta praga. O emprego de produtos a base deste entomopatógeno pode minimizar os danos ocasionados pela praga sem promover resíduos químicos indesejados em frutos, além de minimizar o impacto ambiental causado pelo controle convencional.

Conclusão

- *M. anisopliae* é patogênico aos estágios de pupas e adultos de *C. capitata*.
- A aplicação de *M. anisopliae* no estágio de pré-pupas de *C. capitata* ocasiona a morte de pupas do inseto.
- Os isolados E9 e 1037 (Esalq) e o produto comercial avaliado são promissores para o controle de *C. capitata*.

Literatura citada

- Alves, SB. 1998. Controle microbiano de insetos. 2. ed. Piracicaba, BR, FEALQ. p. 289-381.
- Carneiro, RMDG; Salles, LAB. 1994. Patogenicidade de *Paecilomyces fumosoroseus*, isolado CG 260, sobre larvas e pupas de *Anastrepha fraterculus* Wied. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil 23(2): 341-43.
- Carvalho, RS; Nascimento, AS; Matrangolo, WJR. 1999. Controle Biológico. In Malavasi, A; Zucchi, RA. eds. Mosca-das-frutas de importância econômica no Brasil: reconhecimento básico e aplicado. Ribeirão Preto, BR, Holos. p. 113-117.
- Castillo, MA; Moya, P; Hernández, E; Primo-Yútera, E. 2000. Susceptibility of *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae) to entomopathogenic fungi and their extracts. Biological Control 19:274-282.
- Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. 1960. Rio de Janeiro, BR. 634 p. (Boletim no. 12).
- Fargues, J; Maniama, NK; Delmas, JC; Smits, N. 1992. Influence de la température sur la croissance in vitro d'Hyphomycetes entomopathogènes. Agronomic 12: 557-564.
- Garcia, AS; Messias, CL; Souza, HML De; Piedrabuena, AE. 1984. Patogenicidade de *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* a *Ceratitis capitata* (Wied) (Diptera: Tephritidae). Revista Brasileira de Entomologia 28(4): 421-424.

- Garcia, AT; Baracho, IR.; Souza, HML de. 1980. Patogenicidade de linhagens de *Metarhizium anisopliae* a *Ceratitidis capitata*. *Ciência e Cultura* 32: 671.
- Henderson, CF; Tilton, EW. 1955. Tests with acaricides against the brown wheat mite. *Journal of Economic Entomology* 48: 157-161.
- Kuramoto, H; Shimaku, M. 1992. Pathogenicity of some entomogenous fungi of the adult house fly. *Journal of Japanese Applied Entomology and Zoology* 36: 202-203.
- Lezama-Gutiérrez, R; La Luz, AT De; Molina-Ochoa, J; Rebolledo-Dominguez, O; Pescador, AR; López-Edwards, M; Aluja, M. 2000. Virulence of *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) on *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae): laboratory and field trials. *Journal of Economic Entomology* 93(4): 1081-1084.
- Lindgren, JE; Wong, TT; Mcinnis, DO. 1990. Response of Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) to the entomogenous nematode *Steinernema feltiae* in field tests in Hawaii. *Environmental Entomology* 19: 383-386.
- Malavasi, A; Morgante, JS. 1980. Biologia de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae). II: Índice de infestação em diferentes hospedeiros e localidades. *Revista Brasileira de Biologia* 40(1): 17-24.
- Maniania, NK. 1998. A device for infecting adult tsetse flies, *Glossina* spp., with an entomopathogenic fungus in field. *Biological Control* 11: 248-254.
- Milward-De-Azevedo, E; Parra, JRP. 1989. Influência da umidade em dois tipos de solo na emergência de *Ceratitidis capitata*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 24(3): 321-327.
- Nascimento, AS; Carvalho, RS. 1999. Manejo integrado de mosca-das-frutas. In Malavasi, A; Zucchi, RA. eds. Mosca-das-frutas de importância econômica no Brasil: reconhecimento básico e aplicado. Ribeirão Preto, BR, Holos. p. 169-173.
- Renn, N; Bywater, AF; Barson, G. 1999. A bait formulated with *Metarhizium anisopliae* for the control of *Musca domestica* L. (Dipt., Muscidae) assessed in large-scale laboratory enclosures. *Journal of Applied Entomology* 123: 309-314.
- Samperio, JG; Valenzuela, GP. 1992. Importância de la familia Tephritidae en la fruticultura. In VI Curso Internacional sobre mosca de la fruta. Tomo I. Programa MOSCAMED (DGSC-SARH-APHIS-USDA). Metapa de Dominguez, Chiapas, MX.
- Souza Filho, MF De; Raga, A; Zucchi, RA. 1999. São Paulo. In Malavasi, A; Zucchi, RA. eds. Mosca-das-frutas de importância econômica no Brasil: reconhecimento básico e aplicado. Ribeirão Preto, BR, Holos. p. 277-283.
- Tanada, Y; Kaya, HK. 1993. Insect pathology. San Diego, US, Academic Press. p. 595-622.
- Walder, JMM. 2002. Produção de moscas-das-frutas e seus inimigos naturais: associação de moscas estereis e controle biológico. In Parra JR; Botelho, PSM; Corrêa-Ferreira, BS; Bento, JMS. eds. Controle biológico no Brasil: Parasitóides e Predadores. São Paulo, BR, Manole. p. 181-188.
- Zucchi, RA. 1999. Taxonomia. In Malavasi, A; Zucchi, RA. eds. Mosca-das-frutas de importância econômica no Brasil: reconhecimento básico e aplicado. Ribeirão Preto, BR, Holos. p. 12-24.

Posibilidades del uso de nematodos entomopatógenos para el control de *Aeneolamia varia* en caña de azúcar

Francisco Ferrer¹
Miguel Arias²
Alfredo Trelles¹
Gustavo Palencia¹
José M. Navarro²
Rafael Colmenarez¹

RESUMEN. Se llevaron a cabo dos experimentos con la finalidad de determinar la efectividad del nematodo *Heterorhabditis bacteriophora* para controlar las ninfas de la candelilla de la caña de azúcar, *Aeneolamia varia* (F.), así como las dosis óptimas de aplicación. Los nematodos entomopatógenos de los géneros *Heterorhabditis* y *Steinernema* constituyen una opción viable en el control biológico de este insecto plaga, porque poseen estadios infestivos duraderos que permiten su distribución y persistencia en el suelo. A las 72 horas después de la aplicación, se observaron porcentajes de mortalidad entre 71,35 y 75,4%, en dosis de 50 a 100 millones de nematodos por hectárea. En otro experimento de dosis más bajas (2 a 4 millones de nematodos por hectárea), no se encontró un efecto significativo. En el tratamiento testigo se encontró una cepa nativa, que fue identificada como *Heterorhabditis indica*. El uso de nematodos entomopatógenos constituye una alternativa muy viable para ser incorporada dentro de los programas de manejo integrado de *A. varia* en caña de azúcar.

Palabras clave: nematodos entomopatógenos, control biológico, Cercopidae, Heterorhabditidae, insectos del suelo.

ABSTRACT. Possibilities of the use of entomopathogenic nematodes to control the sugarcane froghopper, *Aeneolamia varia*. Two experiments were conducted to determine the effectiveness of the nematode *Heterorhabditis bacteriophora* in controlling nymphs of the sugar froghopper, *Aeneolamia varia* (F.), as well as the optimum dose of nematodes. The entomogenous nematodes of the genus *Heterorhabditis* and *Steinernema* constitute a viable option for the biological control of this pest, because they possess long infective stages that allow their distribution and permanence in the soil. Seventy-two hours after the application, nymph mortality was at 71.35 to 75.4%, with doses of 50 to 100 million infective nematodes per ha. In the experiment with low doses (2 a 4 millions of nematodes per ha) no significant effects were observed. A native nematode was found in the control treatment, and identified as *H. indica*. Entomogenous nematodes constitute a useful tool to be incorporated to the integrated pest management of *A. varia*.

Key words: Entomopathogenic nematodes, biological control, Cercopidae, Heterorhabditids, soil insects.

Introducción

En Venezuela, desde los años 80, el control biológico de la candelilla *Aeneolamia varia* (Homoptera: Cercopidae) se suele realizar utilizando hongos entomopatógenos, como *Metarhizium anisopliae*, sin otras opciones biológicas (Molina *et al.* 1991, Zambrano 1987, Zambrano *et al.* 1993). Ferrer y Torres (1984) indicaron que las larvas de la mosca *Salpingogaster nigra* (Sirphidae) son un enemigo natural de las ninfas de

la candelilla; sin embargo, los intentos de reproducirlas masivamente en el laboratorio no han sido promisorios.

Los nematodos entomopatógenos, en particular los correspondientes a los géneros *Steinernema* y *Heterorhabditis* (Rhabditidae: Steinernematidae: Heterorhabditidae), han recibido mucha atención debido a su potencial de controlar insectos plagas en agricultura, pastos e instalaciones domésticas (Woodring y

¹ Servicio Biológico C.A. Carretera Vieja Barquisimeto Yaritagua, Sector Chorobobo, Edo. Lara, Venezuela. Tel/Fax: (051) 231 6253. fferrer@telcel.net.ve

² Agropecuaria El Retorno, Carretera Nacional Píritu-Turen, Estado Portuguesa, Venezuela. Tel/Fax (0058-251) 231 0812.

Kaya 1988). Existen numerosas investigaciones con relación al control de insectos que afectan los cultivos en el nivel del suelo. Matthew *et al.* (1997) utilizaron nematodos del género *Steinernema* para el control de *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae); Duncan y McCoy (1996) utilizaron *Heterorhabditis bacteriophora* y *Steinernema riobravis* para el control del picudo negro de los cítricos, *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae). Reed *et al.* (1986) utilizaron *H. bacteriophora* para el control de las larvas del crisomélido *Acalymma vittatum*; Sosa y Beavers (1985) usaron *Steinernema feltia* y *Heterorhabditis heliothidis* con dosis de 5000 nematodos por larva para el control de *Ligyris subtropicus* (Coleoptera: Scarabaeidae); Suggers (1994) logró un control de más del 80% del gusano blanco *Cyclocephala borealis* (Coleoptera: Scarabaeidae) utilizando en irrigación 1,25 billones de nematodos/ha.

En Venezuela, se han llevado a cabo pocas investigaciones sobre la posibilidad de usar nematodos entomopatógenos en el control de insectos plagas. Rosales y Suárez (1998) consideraron la posibilidad de controlar el gorgojo negro del plátano, *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae), mediante los nematodos *H. bacteriophora*, *Heterorhabditis indica*, *Steinernema bibionis* y *Steinernema carpocapsae*. En cuanto a los nematodos depredadores de *A. varia*, Poinar y Linares (1985) determinaron en los años 1981-1982, en las localidades de Guanare (Portuguesa, Venezuela), una alta incidencia natural del nematodo *Hexameris dactylocercus*, el cual parasitaba hasta un 50% de las ninfas y adultos recolectados. Bennett (1984) destaca la posibilidad de usar nematodos para el control de *A. varia* basándose en información existente desde principios de siglo. Menciona también el nematodo mermhuido *Hexameris* sp. parasitando *A. varia* en Trinidad y, en Brasil, sobre *Mahanarva fimbriolata* (Homoptera: Cercopidae). En Trinidad, Hunt (1981), citado por Bennett, realizó ensayos en el laboratorio con diferentes razas del nematodo *Neoaplectana carpocapsae* sobre adultos y ninfas de *A. varia*, con ciertos resultados favorables, concluyendo que las investigaciones deberían continuar centrándose en la búsqueda de especies de nematodos más adecuados como enemigos naturales de la candelilla.

Según Allard (1987), el uso de los nematodos entomopatógenos en conjunto con *Metarhizium anisopliae* puede ofrecer una solución en el largo plazo para el control de *A. varia*. En Venezuela, se ha estudiado po-

co la identificación y el uso de nematodos. En general, los nematodos entomopatógenos de los géneros *Heterorhabditis* y *Steinernema* constituyen una opción favorable en el control biológico de insectos plagas. Entre sus características destaca el hecho de poseer estadios infestivos duraderos que permiten su distribución, almacenamiento y persistencia. Muchas especies componen ambos géneros, difiriendo tanto en su morfología como en su patogenicidad. Se ha demostrado, además, que existe una gran variabilidad en el comportamiento entre diferentes aislamientos de una misma especie, tornando importante la selección de cepas promisorias para su uso como agentes de control biológico.

El propósito de este trabajo fue investigar el control de *A. varia* por el nematodo *H. bacteriophora* e incorporarlo al manejo integrado de plagas de la caña de azúcar, así como investigar la posibilidad de obtener cepas nativas y reproducirlas en forma masiva. Esta investigación se realizó con la colaboración del personal de la Hacienda El Retorno (Turén, Edo. Portuguesa), donde se ha observado una alta mortalidad de la candelilla ocasionada por nematodos, cosa que refuerza la posibilidad de usarlos en el combate de esta plaga (Miguel Arias, observación del autor).

Materiales y métodos

H. bacteriophora fue introducido por Servicio Biológico C.A. desde el Complejo Biológico Pablo Noriega, en La Habana, Cuba, en 1999. Este se multiplicó en el laboratorio mediante la utilización de larvas de *Galleria mellonella*, criadas en dietas artificiales. Se logró un rendimiento aproximado de 100000 nematodos por larva de *G. mellonella*. Se llevaron a cabo dos experimentos para determinar las dosis óptimas de aplicación de los nematodos. El primero —iniciado en la Finca de la Agropecuaria El Retorno, Boca de Sabana (Turén, Edo. Portuguesa) el 1 de septiembre del 2000—, utilizó dosis altas (50, 75 y 100 millones de nematodos/ha). El segundo —iniciado en la finca Don Paco (Agua Blanca, Edo. Portuguesa) el 23 septiembre de 2000—, utilizó dosis bajas (de 2, 4 y 6 millones de nematodos/ha).

Experimento 1

Se utilizaron cuatro tratamientos: testigo, sin nematodos (T0); 50 millones de nematodos/ha (T1); 75 millones de nematodos/ha (T2); y 100 millones de nematodos/ha (T3). Las aplicaciones se realizaron por medio

de una asperjadora de espalda de 15 L capacidad, calibrada a un equivalente de 250 L/ha. Las parcelas tenían dimensiones de 12 m x 12 m. Se efectuaron cuatro repeticiones de cada tratamiento, en un diseño de bloques al azar. Se realizaron conteos antes y después de la aplicación, recolectando en ambos casos ninfas de *A. varia* en cada una de las parcelas, considerando dos puntos de evaluación de 0,5 m² localizados en el centro de cada parcela.

La evaluación se realizó cuatro días después de la aplicación, determinándose el número de ninfas vivas y muertas. Doce ninfas muertas de cada tratamiento se colocaron en trampas White (White 1927) para determinar el número de nematodos juveniles emergidos. Esto se realizó para todas las parcelas, incluyendo el testigo, para evaluar la posibilidad de aislar nematodos nativos.

Treinta días después de la aplicación de las diferentes dosis de nematodos, se efectuó un muestreo de suelo en las parcelas del experimento para determinar la persistencia de los nematodos, siguiendo la técnica descrita por Bedding y Arkhurst (1975). Las muestras del suelo se tomaron a una profundidad de 10 cm, utilizando una pala para facilitar su extracción. Cada muestra se identificó y se transportó al laboratorio para ser evaluada. Del total de las muestras, solo se tomó una porción para colocar 100 g en cada una de diez cápsulas Petri. En cada una de ellas se colocaron dos larvas de *G. mellonella*. Las evaluaciones se realizaron tres días después, y las larvas se colocaron en trampas White para la obtención de los nematodos.

Experimento 2

Se evaluó la población de ninfas de *A. varia* antes y después de la aplicación de los tratamientos, con el mismo diseño experimental pero en dosis bajas (2, 4 y 6 millones de nematodos/ha para los tratamientos T1, T2, y T3). La información se recabó de la misma forma que en el Experimento 1, observándose muestras de ninfas a los cuatro y ocho días después de la aplicación.

Resultados

Experimento 1

En los conteos previos a la aplicación se observaron de 140 a 427 ninfas de *A. varia* por m². En la evaluación realizada después de la aplicación, se observaron porcentajes de mortalidad de 71,4; 75,3; y 75,4% para los tratamientos de 100, 50 y 75 millones de nematodos/ha, respectivamente. En el tratamiento testigo se observó una mortalidad del 11,5 %. Los valores fueron transformados a $\sqrt{x+1}$ y, para el análisis de variancia en bloques al azar, se obtuvo un valor de $F=165,08$ ($p>0,01$). Según la prueba de Tuckey, hubo diferencias significativas entre los tratamientos y el testigo, pero no entre los tratamientos con nematodos (Cuadro 1).

Después de colocar las ninfas muertas en trampas White, se recuperó un promedio de 133,29; 194,33; 175,44 y 369,25 nematodos/ninfa en los tratamientos T0, T1, T2 y T3, respectivamente. Los datos fueron transformados a $\sqrt{x+1}$ y analizados en bloques al azar, y arrojaron diferencias significativas según la prueba de Tuckey; se observa una pequeña ventaja en el tratamiento con 100 millones de nematodos/ha (T3) sobre el testigo, pero no es estadística según la prueba de Tuckey (Cuadro 2).

Cuadro 1. Número de ninfas observadas y porcentaje de mortalidad de ninfas de *Aeneolamia varia* en tratamientos con nematodos entomopatógenos.

Repetición	Tratamientos							
	Testigo (T0)		50 millones (T1)		75 millones (T2)		100 millones (T3)	
	NV	%M	NV	%M	NV	%M	NV	%M
I	110	9,09	119,1	63	195	76,9	105	65,1
II	173	10,4	93	78,5	145	75,9	105	69,6
III	130	15,4	165	84,8	190	78,9	145	79,3
IV	141	11,3	207	74,9	133	69,9	158	71,4
Total	554	46,2	584,1	301,2	663	302	513	285
Media	139	11,5	146	75,3	165,8	75,4	128,3	71,4
Significancia Tuckey		a		b		b		b

NV: ninfas vivas; %M: porcentaje de mortalidad.

Promedios en una misma columna seguidos de la misma letra no difieren significativamente según la prueba de Tuckey (valor crítico de Tuckey = 0,8199; ($p = 0,05$)).

Cuadro 2. Número de nematodos entomopatógenos emergidos en cada tratamiento (12 ninfas de *Aeneolamia varia* observadas por repetición).

Repeticiones	Tratamientos			
	Testigo (T0)	50 millones (T1)	75 millones (T2)	100 millones (T3)
I	10	572	6741	5845
II	4914	1620	1323	3179
III	884	3100	81	4387
IV	590	4060	276	3978
Total	6398	9352	8421	17388
Promedio	1599,5	2338	2105,25	4347
Signif. s/ Tuckey	a	a	a	a
Prom. por ninfa	133,29	194,83	175,44	362,25

Promedios de una misma fila seguidos de la misma letra no difieren (mediante datos transformados a $\sqrt{x + 1}$) significativamente según prueba de Tuckey ($p = 0,05$) ($F = 1,61$; $p = 0,2398$).

El trapeo de nematodos después de 30 días de finalizado el experimento mostró que la mortalidad de *G. mellonella* por nematodos fue bastante alta, llegando a un 95% en todas las parcelas observadas.

Los nematodos provenientes de ninfas de las parcelas testigo de la Hacienda Boca de Sabana se remitieron a la Universidad de la Florida, Departamento de Entomología y Nematología. La identificación fue realizada por el Dr. Khuong Nguyen, quien identificó a *Heterorhabditis indicus*.

Experimento 2

No hubo diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a la recuperación de nematodos en trampas White en observaciones a los cuatro y ocho días. En el tratamiento testigo se observa, al igual que en el Experimento 1, la presencia de nematodos nativos. Cuando se compara entre las dos observaciones, a los cuatro y ocho días después de la aplicación de los tratamientos se observa en los tratamientos testigo y 2 millones un incremento significativo de 62,5 a 297 y 2018 a 4750 nematodos promedio por 12 ninfas, res-

pectivamente. La gran variabilidad de los resultados obtenidos en las trampas White hace suponer que hubo otros factores que afectaron las dosis de 4 y 6 millones/ha, donde no se observa el incremento de las poblaciones de nematodos.

Discusión

Existe la posibilidad del control de *A. varia* mediante nematodos entomopatógenos como *H. bacteriophora*. Al usar dosis de 50 a 75 millones/ha se obtuvieron resultados positivos, con un control que llegó al 71,4 y 75,3%; sin embargo, la presencia de nematodos nativos pudo ejercer un efecto adicional, ya que en el tratamiento testigo se observó una mortalidad del 11,4% de las ninfas. En el experimento con dosis bajas (2, 4 y 6 millones/ha), donde solo se observó la emergencia de nematodos de las ninfas recolectadas, es necesario realizar investigaciones adicionales en el área del experimento, debido a la variabilidad de los resultados.

Al no contarse con información en la literatura sobre el combate de cercópodos con nematodos en caña de azúcar, este trabajo se presenta como el primer

Cuadro 3. Número de nematodos entomopatógenos emergidos por tratamiento después de cuatro y ocho días de realizadas las aplicaciones (12 ninfas de *Aeneolamia varia* observadas por repetición).

Tratamientos	Observación a los 4 días		Observación a los 8 días		Significancia entre días ^y
	Total de nematodos ^z	Promedio en 12 ninfas	Total de nematodos ^z	Promedio en 12 ninfas	
Testigo (T0)	250	63	1188	297	Sí
2 millones (T1)	8063	2018	19000	4750	Sí
4 millones (T2)	500	125	438	109	No
8 millones (T3)	2500	625	125	31	No

^z Total de nematodos de cuatro repeticiones de 12 ninfas cada una; ^y diferencias mediante pruebas de t ; $t = 10,53$

^y 44,09 para tratamientos testigo y 2 millones (T tabla = 3,18; $p = 0,05$). No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos del mismo período mediante análisis de bloques ($F = 0,47$; $p = 0,70$ para observación a los cuatro días; $F = 2,94$; $p = 0,064$ para observación a los ocho días). Todos los valores se transformaron a $\sqrt{x + 1}$.

reporte sobre la posibilidad de controlar dicha plaga por medio de nematodos. En investigaciones realizadas en el control de insectos del suelo con previa irrigación, como *Popillia japonica* (Coleoptera: Scarabaeidae) en pasto azul Kentucky (*Poa pratensis*), se requirieron dosis de 2,47 a 4,9 billones de nematodos/ha (Yeh y Alm 1995); asimismo, para controlar *Cyclocephala borealis* (Coleoptera: Scarabaeidae) se requirieron 1,25 billones de nematodos/ha (Suggers 1994). El mejor control obtenido, de 75,4% de mortalidad, podría ser insuficiente, ya que cuando *A. varia* se encuentra en grandes poblaciones causa daños severos en la caña de azúcar, lo que hace pensar que es necesario utilizar dosis más altas que los 100 millones/ha utilizados aquí.

Los costos en una producción artesanal de nematodos por medio del hospedante *G. mellonella* con dosis de 150 millones/ha estarían en el orden de US\$ 10,50/ha. En las condiciones de laboratorio se producen alrededor de 100000 nematodos por larva, por lo que resulta indispensable incrementar la producción cuando se requiera asperjarlos en grandes extensiones. Una opción muy viable podría ser incorporar la utilización del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*, que actualmente se utiliza en forma extensiva en las haciendas afectadas por candelilla en diferentes zona cañeras de Venezuela (Zambrano *et al.* 1987, 1993). La utilización racional de productos químicos en conjunto con los nematodos podría potenciar el efecto contra la candelilla. La presente investigación abre una ventana para seguir buscando medidas que se complementen en un manejo integrado real y económico, tales como el estudio de los hongos entomopatógenos, de las poblaciones nativas, y de su persistencia y multiplicación en el suelo.

Literatura citada

- Allard, GB. 1987. Prospects for the biocontrol of sugar cane frog hopper with particular reference to Trinidad. *Biocontrol News and Information*. June 1987, no. 2.
- Bedding, RA; Arkhurst. 1975. A simple technique for the detection of the parasitic rhabditid nematode in soil. *Nematologica* 21:109-110.
- Bennett, FD. 1984. Discusión sobre las posibilidades de control biológico de la candelilla. In Seminario Problemas de la candelilla y el taladrador de la caña de azúcar y pastos (Barquisimeto, 1984). Unión de productores de azúcar. p. 39-48.
- Duncan, LW; McCoy, CW. 1996. Vertical distribution in soil, persistence, and efficacy against citrus root weevil (Coleoptera: Curculionidae) of two species of entomogenous nematodos (Rhabditidae: Steinernematidae: Heterorhabditidae). *Environmental Entomology* 25(1):174-178.
- Ferrer, FR; Torres, M. 1984. Sinopsis histórica sobre el control de la candelilla (*Aeneolamia* spp.) en Venezuela. Seminario Problemas de la candelilla y el taladrador de la caña de azúcar y pastos (Barquisimeto, 1984). Unión de productores de azúcar. p. 105-140.
- Hunt DJ. 1981. Evaluation of nematodos as biocontrol agents of sugarcane frog hopper, *Aeneolamia varia*. Repot. Commonwealth Institute of Parasitology. *Sin publicar*.
- Matthew, FB; Kaya, HK; Tabashnik, F. 1997. Efficacy of a dehydrated steinernematid nematode against black cutworm (Lepidoptera: Noctuidae), and diamond back moth (Lepidoptera: Plutellidae). *Journal of Economic Entomology* 90(5):1200-1206.
- Molina, N; Linares, B; Zambrano, C. 1991. Control biológico de *Aeneolamia varia* F. (Homoptera Cercopidae) con el hyphomicete, *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sor. en Venezuela. In Panis, C; Kermarrec, A. eds. Recontres caraïbes en lutte biologique. Guadeloupe, French West Indies, INRA. p. 343-360. (Les Coloquies no. 58).
- Poinar, GO, Jr, Linares, B. 1985. *Hexameris dactylocerus* sp.n. (Mermithidae: Nematoda a parasite of *Aeneolamia varia* (Cercopidae: Homoptera) in Venezuela. *Revue de Nematologie* 8:109-111.
- Reed, DK; Reed, GL; Creighton, CS. 1986. Introduction of entomogenous nematodos into trickle irrigation systems to control striped cucumber beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Economic Entomology* 79(5): 1330-1335.
- Rosales, LC; Suárez, Z. 1998. Nematodos entomopatógenos como posibles agentes de control de gorgojo negro del plátano, *Cosmopolites sordidus* (Germar 1824) (Coleoptera: Curculionidae) Boletín Entomológico de Venezuela 13(2):123-140.
- Sosa, OJ; Beavers, JB. 1985. Entomogenous nematodos as biological control organisms for *Ligyris subtropicus* (Coleoptera: Scarabaeidae) in sugarcane. *Environmental Entomology* 14(1): 80-82.
- Suggers, DA. 1994. Effect of irrigation and spray volume on efficacy of entomopathogenic nematodos (Rhabditida: Heterorhabditidae) against white grubs (Coleoptera: Scarabaeidae). *Journal of Economic Entomology* 87(3): 643-646.
- White, GF. 1927. A method for sampling infective nematode larvae from cultures. *Science* 66:302-202.
- Woodring, JL; Kaya, HK. 1988. Steinernematid and Heterorhabditid nematodes. A handbook of biology and techniques. Fayetteville, Arkansas, US, Arkansas Agricultural Experimental Station. 29 p. (Southern Cooperative Series Bulletin no. 331).
- Yeh, T; Alm, SR. 1995. Evaluation of *Steinernema glaseri* (Nematoda: Steinernematidae) for biological control of Japanese and oriental beetles (Coleoptera: Scarabaeidae). *Journal of Economic Entomology* 88(5): 1251-1253.
- Zambrano, C; Molina, N; Sosa, ML. 1987. Control biológico de la candelilla (*A. varia*) mediante el uso de *M. anisopliae* en las fincas 'Las Raíces' y 'Choro' del Estado Portuguesa. *Venezuela Azucarera* 26: 4-8.
- _____; Agüero, C; Linares, B; Molina, N. 1993. *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorok: pasado, presente y futuro en Venezuela. In Reunión Técnica del Programa de Manejo Integrado de Plagas de la Caña de Azúcar (PICANTA) (7, 1993, Acarigua, VE). Reporte. Acarigua, VE, PROBIOAGRO. 29 p.

Incidencia de moscas de la fruta de importancia económica sobre *Citrus aurantium* (Rutaceae) en Tucumán, Argentina

Pablo Schliserman¹
Sergio M. Ovruski¹

RESUMEN. Se analizó la relación entre *Ceratitis capitata*, *Anastrepha fraterculus* y su planta hospedante, *Citrus aurantium* (naranja agrio), mediante la recolección durante un año de frutos silvestres en un bosque secundario de la provincia de Tucumán, Argentina. Además, se registró el parasitismo natural. Se recolectaron 2820 frutos silvestres de naranja agria (322 kg), de los cuales el 34% estuvo infestado. De estos frutos se obtuvieron 3216 puparios (3150 de *C. capitata* y 66 de *A. fraterculus*), de los cuales emergieron 2039 adultos. *C. capitata* fue la especie predominante, representando el 99% (2015 adultos) del total de moscas adultas. Con el registro de 24 adultos de *A. fraterculus* se provee el primer dato documentado de infestación natural en *C. aurantium*, especie frutal reconocida en Tucumán como hospedante potencial de este tefrítido. Los niveles de infestación de *C. capitata* en *C. aurantium* variaron entre 0,8 y 83,6 pupas/kg, mientras que los niveles de infestación de *A. fraterculus* variaron de 0,1 a 7,3 pupas/kg. En las pupas de *C. capitata* se observó solamente una especie de parasitoide, *Aganaspis pelleranoi*, y ninguna en las de *A. fraterculus*. Los porcentajes de parasitismo fueron bajos, variando entre 1 y 6%. *A. pelleranoi* podría ser un agente eficaz de biocontrol de moscas de la fruta en cultivos cítricos, debido principalmente a su comportamiento de forrajeo y su ámbito de hospedantes.

Palabras clave: *Aganaspis pelleranoi*, *Anastrepha fraterculus*, *Ceratitis capitata*, *Citrus*, Eucolilinae, fruto hospedante, parasitoide.

ABSTRACT. Occurrence of fruit flies of economic importance on *Citrus aurantium* (Rutaceae) in Tucumán, Argentina. This paper analyzes the relationship between *Ceratitis capitata* and *Anastrepha fraterculus* and the host plant *Citrus aurantium*. A survey of infested fruits was carried out in a secondary forest in the province of Tucumán, Argentina, during one year. The degree of fruit fly larvae parasitism is also recorded. A total of 2820 wild fruits (322 Kg) of *C. aurantium* were sampled, of which 34% were infested. Of these fruits, 3216 pupae were obtained (3150 pupae of *C. capitata* and 66 of *A. fraterculus*), of which 2,039 fruit fly adults emerged. *C. capitata* was the predominant fruit fly species, representing 99% (2,015 adults) of all the fruit fly adults obtained in the laboratory. Although only 24 *A. fraterculus* adults were found, we provide the first documented natural infestation data for *C. aurantium*, which has been recognized as a potential host of this fruit fly in Tucumán. *C. capitata* infestation rates in *C. aurantium* were highly variable throughout the year, ranging from 0.8 to 83.6 pupae/Kg, while *A. fraterculus* infestation rates were not highly variable, ranging from 0.1 to 7.3 pupae/Kg. Only *Aganaspis pelleranoi*, a larval-pupal parasitoid, was obtained from *C. capitata* pupae, while from *A. fraterculus* pupae no parasitoids were obtained. Parasitism levels were low, ranging from 1 to 6%. However, this parasitoid species could be an effective fruit fly biocontrol agent in *Citrus* orchards due to its foraging behavior and host range.

Key words: *Aganaspis pelleranoi*, *Anastrepha fraterculus*, *Ceratitis capitata*, *Citrus*, Eucolilinae, host fruit, parasitoid.

Introducción

Las moscas de la fruta de importancia económica están representadas en la Argentina por *Ceratitis capitata* (Wiedemann), conocida como “mosca del Mediterráneo”,

y por *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) o “mosca sudamericana de la fruta”. Debido a la existencia de ambas especies de tefrítidos, Argentina ha

¹ Fundación Miguel Lillo-CIRPON, CONICET, Instituto Superior de Entomología-UNT, Miguel Lillo 251, (4000) San Miguel de Tucumán, Argentina. schliserman73@yahoo.com.ar y ovruskisergio@yahoo.com.ar

sido considerada en el ámbito internacional como “zona infestada” (SENASA 1998), por lo cual las restricciones cuarentenarias impuestas por países libres de estas plagas han aumentado notablemente las exigencias de calidad y sanidad de la comercialización de frutas y hortalizas frescas (Fonalleras 1999). Esta situación es de suma importancia para Argentina, ya que la producción frutihortícola representa aproximadamente el 9% de las exportaciones agrícolas del país (Aruani *et al.* 1996). Por tal motivo, y con el principal objetivo de fomentar acciones de control y/o erradicación de *C. capitata* y *A. fraterculus*, se estableció en 1994 el “Programa Nacional de Control y Erradicación de Moscas de los Frutos (PROCEM-Argentina)”, dependiente del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA 1998).

Las primeras acciones del PROCEM estuvieron centradas en la regionalización del país en áreas de producción frutihortícola, estructuradas según las características agroecológicas y el estatus de la plaga. De esta manera, el país fue dividido en cinco regiones: Patagonia (Región 1, sur del país), Nuevo Cuyo I (Región 2, oeste del país), Nuevo Cuyo II (Región 3, centro-oeste del país), NOA (Región 4, noroeste del país) y NEA-Centro (Región 5, noreste y centro del país) (Cosenzo *et al.* 1999). En la actualidad el PROCEM, a través de los subprogramas Patagonia (Sánchez *et al.* 1999) (Región 1), San Juan (Escobar *et al.* 1998) y Mendoza (Gómez Riera *et al.* 2000) (Región 2), está llevando a cabo una serie de estrategias de control que involucran, fundamentalmente, la aplicación de la técnica del insecto estéril con la cepa de sexado genético *C. capitata*-SEIB60/96, y control legal con el establecimiento de barreras fitosanitarias; mientras que en los subprogramas La Rioja (Región 3) y NEA (Región 5) se utilizan, de manera combinada, el control químico con cebos tóxicos e insecticida de suelo, control mecánico-cultural con la destrucción de frutos hospedantes y trampeo masivo (Frissolo 2000, Puetruelle y Petit Marty 2000). En el caso del NOA, región integrada por las provincias de Tucumán, Catamarca, Salta y Jujuy, hasta el momento solo se realizaron tratamientos de poscosecha en variedades de *Citrus lemon* L. (limón) de calidad comercial (Torres Leal *et al.* 2000). Sin embargo, otro de los objetivos del PROCEM en esta región es la supresión de las poblaciones de *C. capitata* y *A. fraterculus* para el reconocimiento de áreas bajo protección fitosanitaria (Cosenzo *et al.* 1999).

En el NOA, la citricultura es una de las principales actividades agrícolas, con una producción anual de 2,5 millones de toneladas de cítricos (Fogliata *et al.* 2000). Solamente en la provincia de Tucumán, hay 29500 ha de *C. lemon*, 3120 ha de *Citrus aurantium* L. (naranja agrio) y *Citrus sinensis* (L.) Osbeck (naranja dulce), 590 ha de *Citrus reticulata* Blanco (mandarina), 505 ha de *Citrus Paradisi* Macfadyn (pomelo) y 17 ha de *Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle (lima) y *Fortunella japonica* (Thumb.) Swingle (kumquat) (García e Ivaldi 2000). La mayoría de estas especies fueron citadas en la literatura como hospedantes de *C. capitata* y/o *A. fraterculus* en el NOA (Shultz 1938, Vergani 1942, Domato and Aramayo 1947, Rosillo 1953, Hayward 1960, Costilla 1967, Nasca 1970, Nasca *et al.* 1978, 1981, Vaccaro 2000, Ovruski *et al.* 2003).

C. aurantium figura entre las especies de *Citrus* introducidas del sudeste asiático y cultivadas en Tucumán, y si bien es aprovechado para la preparación de jugos, mermeladas y vinagres, es empleado principalmente como pie de injerto para otros cítricos de mayor valor comercial, debido a su alta rusticidad. En los cultivos cítricos abandonados, el injerto muere pero el pie de *C. aurantium* persiste y rebrota, convirtiéndose en una fuente de semillas, las cuales son distribuidas por las aves (Tecco y Rougés 2000). Por ello, el naranja agrio se encuentra asilvestrado y extensamente distribuido en áreas naturales, como los bosques subtropicales húmedos de montaña del noroeste argentino (Tecco y Rougés 2000). Por lo general, en Tucumán los cultivos cítricos abandonados son recolonizados por la vegetación nativa, dando lugar a la formación de bosques secundarios, los que conforman un excelente escenario para el estudio ecológico de las moscas de la fruta y sus parasitoides. En relación con estos enemigos naturales, solo existen algunos registros de especies nativas que atacan moscas de la fruta en cítricos (Turica y Mallo 1961, Nasca 1973, Fernández de Araoz y Nasca 1984).

Por todo lo expuesto anteriormente, los objetivos de este trabajo son: 1) determinar la condición de *C. aurantium* como planta hospedante de *C. capitata* y/o *A. fraterculus* en la provincia de Tucumán; 2) analizar estacionalmente los niveles de infestación producidos por ambas especies de tefrítidos en plantas asilvestradas de *C. aurantium* presentes en áreas de bosques secundarios de Tucumán; y 3) evaluar el parasitismo natural y detectar especies de himenópteros parasitoides nativos que puedan servir como posibles agentes de biocontrol.

Este trabajo forma parte de un estudio sobre la ecología de *C. capitata* y *A. fraterculus* en bosques secundarios de las Yungas de la provincia de Tucumán, tendiente a sentar las bases para la utilización del control biológico contra ambas especies plagas en el noroeste argentino, según lo recomendado por Ovruski *et al.* (1999).

Materiales y métodos

Descripción del área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en la localidad de Horco Molle, provincia de Tucumán, Argentina, y se localiza entre 26°45' y 26°49'S y 65°20' y 65°18'O. El área abarca 12 km² de bosque secundario, con un rango altitudinal comprendido entre 550 y 750 msnm, y con una disposición Norte-Sur en la ladera oriental de la Sierra de San Javier (cordón montañoso que discurre con rumbo Norte-Sur en una ubicación casi central en la provincia de Tucumán). El sector seleccionado para el estudio pertenece al Parque Sierra de San Javier, área natural de flora y fauna protegida perteneciente a la Universidad Nacional de Tucumán, y que representa el 74% de la Sierra de San Javier. Si bien el Parque es en la actualidad un área protegida, no lo fue sino hasta 1974, año de su creación. Con anterioridad a esa fecha, parte del Parque estuvo sometida a una intensa explotación forestal, y grandes áreas de este fueron empleadas para cultivos cítricos, maíz y caña de azúcar. Actualmente, el borde oriental del Parque se caracteriza por la presencia de bosques secundarios con predominancia de plantas exóticas asilvestradas como *C. aurantium*. Este sector está limitado por cultivos extensivos de limón, y por pequeños cultivos semicomerciales de naranjo dulce, naranjo agrio, pomelo y limón.

Fitogeográficamente, la zona de estudio está ubicada en la provincia de las Yungas, que en Argentina cubre las laderas orientales de las primeras cadenas montañosas del noroeste y se extienden entre 300 y 3000 msnm (Brown 1995). El clima está definido como "CW" (templado-moderado, con veranos húmedos e inviernos secos), las temperaturas medias anuales varían entre 8,7 y 24 °C (Papetti-Villada 1978). La distribución de las lluvias es desigual durante el año; entre noviembre y abril, las precipitaciones superan el 80% del total (Panzardi 1993). Los datos meteorológicos (temperatura máxima y mínima, y precipitación) fueron registrados diariamente durante todo el período que duró el trabajo. Para ello, se instaló una estación meteorológica a 650 msnm en el área de estudio.

Recolección y acondicionamiento de muestras

La toma de muestras consistió en la recolección de frutos, en distintos grados de maduración, provenientes de plantas de *C. aurantium* asilvestradas. La recolección de los frutos fue realizada al azar, tomando muestras tanto del estrato arbóreo como de frutos caídos en el suelo. Esta separación de las muestras fue realizada con la finalidad de observar posibles diferencias en la abundancia de las distintas especies de parasitoides. La recolección de los frutos se realizó semanalmente, desde septiembre de 1999 hasta septiembre de 2000, salvo en los meses de febrero, marzo y abril del 2000, época en la cual no hay frutos en los árboles. La unidad de muestreo fue de 4,5 kg de frutos de árbol y 4,5 kg de frutos del suelo.

En el laboratorio, los frutos fueron contados, pesados y acondicionados en cajas plásticas de maduración de 15 x 28 x 48 cm para la obtención de puparios. Estas cajas constan de una pieza superior, con la base ranurada, sobre la cual se ubican los frutos, y de una pieza inferior, con la base sin ranurar y cubierta con un plástico, sobre el cual se deposita una capa de 5 cm de arena esterilizada en autoclave como medio de pupación. Cuando las larvas de las moscas alcanzan el tercer estadio, abandonan los frutos y saltan por las ranuras de la sección superior hacia la arena depositada en el fondo de la pieza inferior, donde empupan. Ambas piezas se cubrieron con una tela tipo mosquitera para evitar la huida de las larvas. Una vez por semana se tamizaba la arena y se retiraban los puparios formados. Estos fueron contados y separados por especie de Tephritidae (*C. capitata* y *A. fraterculus*).

Para la identificación de los puparios de cada especie se consideró, fundamentalmente, la morfología del espiráculo anterior, según la descripción realizada por White y Elson-Harris (1992). Luego, los puparios fueron depositados en recipientes de vidrio de 21 cm de diámetro por 8,5 cm de alto, y mantenidos en una habitación aclimatada a 25 °C y 80% HR durante todo el año. En su base, cada recipiente contenía una capa de arena esterilizada y humedecida para facilitar la emergencia de los insectos adultos (tefrítidos y parasitoides). Los recipientes eran tapados con una tela tipo mosquitera ajustada con una banda elástica para facilitar la aireación interna. Estos fueron revisados diariamente, y los adultos emergidos eran extraídos con un aspirador de tipo *pooter*. Se registró el número total de adultos emergidos y el número de puparios no viables.

Identificación de los insectos adultos y planta hospedante

Para determinar las especies de Tephritidae se utilizaron las claves dicotómicas de Steyskal (1977) y Zucchi (2000), y para la especie de parasitoide se empleó el trabajo taxonómico de Wharton *et al.* (1998). La planta hospedante fue identificada por la Lic. Susana Álvarez (FCNeIML, UNT). Los ejemplares de referencia (*voucher specimens*) fueron depositados en la colección entomológica (Área de Zoología) y en el herbario (Área de Botánica) de la Fundación Miguel Lillo, en San Miguel de Tucumán, Argentina.

Análisis de datos

Los datos obtenidos del muestreo de frutos y del procesamiento del material en laboratorio (peso de la muestra de frutos, número de puparios, número de tefrítidos y parasitoides adultos) fueron analizados mediante el cálculo del nivel de infestación en frutos (no. de puparios de *C. capitata* o de *A. fraterculus*/kg de frutos de naranjo agrio); porcentaje de emergencia de tefrítidos (no. de adultos de *C. capitata* o de *A. fraterculus*/no. de puparios de *C. capitata* o de *A. fraterculus* x 100); porcentaje de parasitismo (no. de parasitoides adultos/no. de puparios viables x 100), y abundancia relativa de las especies de Tephritidae (no. de ejemplares de una especie/no. total de ejemplares de Tephritidae x 100). Se realizaron pruebas *t* para analizar estadísticamente las posibles diferencias entre el porcentaje de parasitoidismo derivado de frutos recolectados en el

suelo y el obtenido de frutos de árbol, y entre los niveles de infestación producidos por *C. capitata* y por *A. fraterculus* según la época del año (primavera-verano o “estación lluviosa y cálida” y otoño-invierno o “estación seca y fría”). Se realizaron análisis de correlación para determinar el grado de relación existente entre disponibilidad frutal (cantidad de frutos, expresada en kg) y nivel de infestación.

Para la normalización de los datos del nivel de infestación, se utilizó una transformación logarítmica — Log (valor del dato + 0,10)—, mientras que para los datos del porcentaje de parasitismo se empleó el arcoseno de la raíz cuadrada de la proporción: $\arcsen(\sqrt{\text{proporción}})$.

Resultados

En total, se recolectaron 2820 frutos (=322 kg), provenientes de 55 árboles de *C. aurantium* (Cuadro 1). Del total de frutos colectados, el 34% estuvo infestado con larvas de Tephritidae. De estos, se obtuvieron 3216 puparios, de los cuales 3150 correspondieron a *C. capitata* y los 66 puparios restantes a *A. fraterculus*. En total emergieron 2039 adultos de Tephritidae, y los porcentajes de emergencia totales fueron de 64% para *C. capitata* y 36% para *A. fraterculus*. La especie predominante fue *C. capitata*, con una abundancia relativa del 99% (2015 adultos), mientras que *A. fraterculus* solo representó el 1% (24 adultos). La proporción sexual para ambas especies de tefrítidos plaga fue de dos hembras por macho.

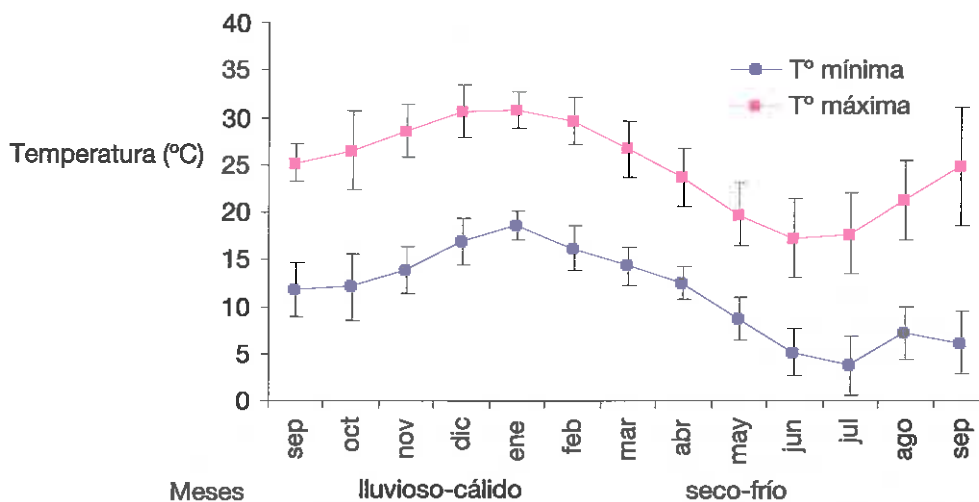


Figura 1. Fluctuación mensual de la temperatura mínima y máxima entre septiembre/99 y septiembre/00 en Horco Molle, Tucumán, Argentina.

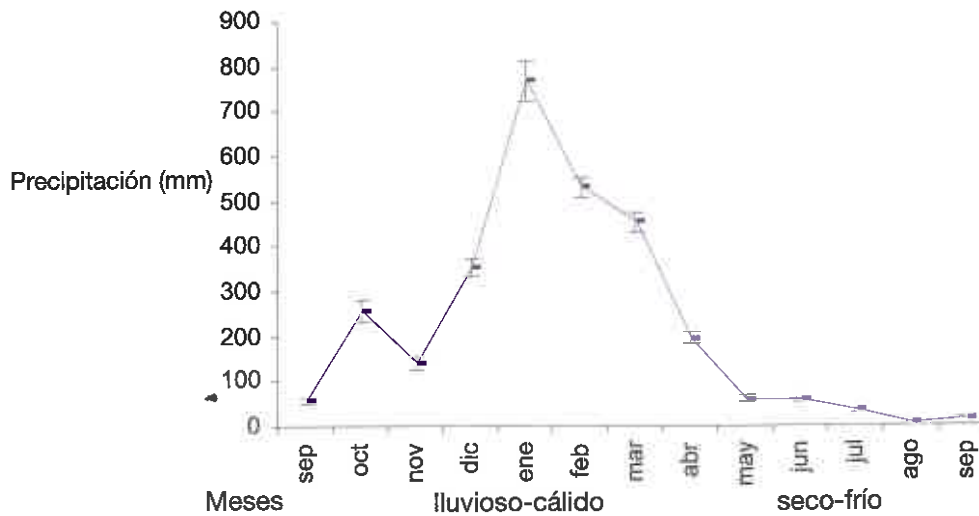


Figura 2. Fluctuación mensual de la precipitación entre septiembre/99 y septiembre/00 en Horco Molle, Tucumán, Argentina.

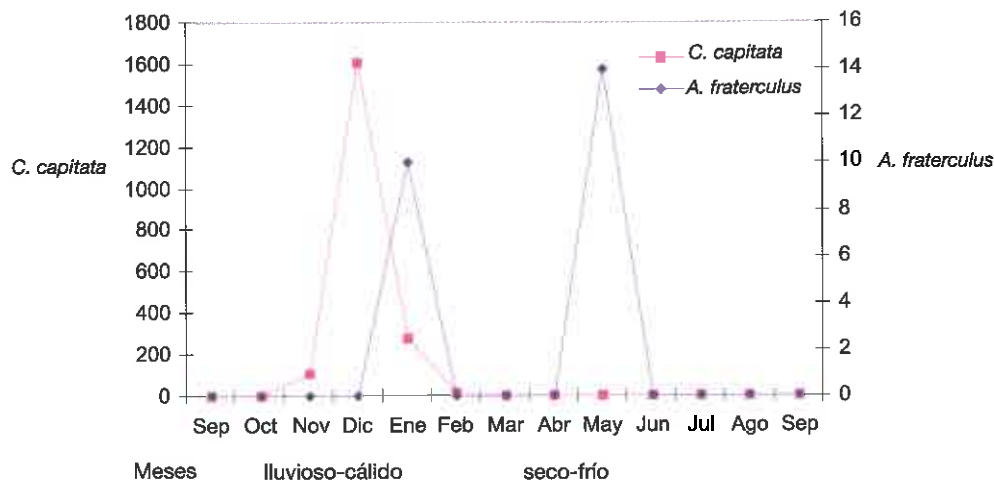


Figura 3. Fluctuación mensual de la dinámica poblacional de *Geratitis capitata* y *Anastrepha fraterculus* entre septiembre/99 y septiembre/00 en Horco Molle, Tucumán, Argentina.

Los niveles de infestación en *C. aurantium* varían según la época del año (Cuadro 1). Los mayores valores de infestación fueron producidos por *C. capitata* entre la última semana de noviembre/99 y la tercera semana de enero/00. Durante este período, el naranjo agrio presentó tasas de infestación que variaron entre 11,0 y 83,6 puparios de *C. capitata* por 1 kg de fruta recolectada. Los niveles de infestación más altos ocasionados por *A. fraterculus* ocurrieron a mediados de mayo/00. En este mes se registraron valores de 4,3 a 7,3 puparios de *A. fraterculus* por 1 kg de fruta.

El nivel de infestación producido por *C. capitata* fue significativamente más alto (prueba $t = 3,1$; $P = 0,004$) durante la estación lluviosa-cálida (octubre-marzo, T°

media = $21,9^\circ\text{C}$, precipitación >200 mm; Figs. 1, 2 y 3) que la tasa de infestación registrada durante la estación “seca-fría” (abril-septiembre, T° media = $14,9^\circ\text{C}$, precipitación ≤ 200 mm; Figs. 1, 2 y 3). Por el contrario, los niveles de infestación de *A. fraterculus* no registraron diferencias significativas (prueba $t = 1,01$; $P = 0,3$).

La relación entre disponibilidad frutal y nivel de infestación de las dos especies plaga fue significativamente positiva para *C. capitata* ($r = 0,94$; $P = 0,0001$) y para *A. fraterculus* ($r = 0,86$; $P = 0,0001$).

La única especie de himenóptero identificada fue *Aganaspis pelleranoi* (Bréthes), parasitoide larvo-pupal perteneciente a la familia Figitidae, subfamilia Eucilinae. El número de individuos obtenidos fue de

64, con una proporción sexual de una hembra por macho. Este parasitoide fue obtenido únicamente de puparios de *C. capitata* y el parasitoidismo se concentró entre mediados de noviembre y fines de diciembre de 1999. En general, los porcentajes de parasitismo variaron entre 1 (fines de noviembre, principios de diciembre) y 6% (última quincena de diciembre; Cuadro 1), y los valores obtenidos de frutos recogidos del suelo fueron significativamente superiores a aquellos determinados para frutos recolectados del árbol (prueba $t = 3,48$, $P = 0,001$).

Discusión

Los datos obtenidos sobre la infestación en *C. aurantium* llaman la atención, fundamentalmente, por los elevados niveles causados por *C. capitata* durante la estación lluviosa-cálida, época de alta disponibilidad frutal. Por ejemplo, en solo dos meses, y de 600 frutos recolectados, emergieron cerca de 2000 adultos de *C. capitata*, de los cuales el 67% fueron hembras. El naranjo agrio asilvestrado estaría actuando como un hospedante multiplicador de la plaga durante ciertos meses del año en Tucumán, permitiéndole movilizarse hacia el durazno (*Prunus persica* (L.) Batch), el cual, según Ovruski *et al.* (2003), es uno de los principales hospedantes que en el área de estudio fructifica después de *C. aurantium*. Esta especie frutal es un hospedante importante en el Valle Antinaco-Los Colorados, en la provincia de La Rioja (Región 3 del PROCEM; Nasca *et al.* 1996). Por el contrario, en la provincia de Entre Ríos (Región 5 del PROCEM), *C. capitata* infesta principalmente otras especies de *Citrus*, como *C. sinensis* y *C. paradisi*, aunque *C. aurantium* es un hospedante susceptible al ataque de este tefrítido (Putruelle 1996).

En general, los resultados de este estudio señalan una clara predominancia de *C. capitata* sobre *A. fraterculus* en frutos de naranjo agrio. Esta información es consistente con los datos registrados por Turica y Mallo (1961) para pomelo y naranjo (sin aclaración de especie) en diversas regiones citrícolas de Argentina, aunque estos autores no hacen referencia a las especies del género *Anastrepha* obtenidas en las recolectas. Si bien la mayoría de los registros sobre infestación en *Citrus* en Tucumán están basados en capturas de adultos en trampas (Shultz 1938, Domato y Aramayo 1943, Ratkovich y Nasca 1953, Rosillo 1953, Costilla 1960, Nasca 1970, Nasca *et al.* 1978), estos estudios también remarcan la predominancia de la mosca

del Mediterráneo en áreas citrícolas. Posiblemente, la mayor abundancia de *C. capitata* en árboles de *Citrus* esté relacionada con ciertas kairomonas emitidas por estas plantas, atractivas para esta especie de Tephritidae, como afirman Howse y Knapp (1996). Por ejemplo, estos autores han demostrado la similitud de las sustancias que componen estas kairomonas con los componentes existentes en la feromona sexual del macho de *C. capitata*. Por tal motivo, los *Citrus* serían muy atractivos para los machos, los cuales formarían *leks* en el follaje y así las hembras se orientarían hacia los árboles (Howse y Knapp 1996). Además, una de las características que diferencian a *C. capitata* de otros tefrítidos de importancia económica es la gran plasticidad en su comportamiento de oviposición, reflejada en la colonización de distintos ambientes y en la adaptación a nuevos hospedantes (Yuval y Hendrichs 2000).

Otro aspecto importante de la información obtenida en este estudio es el registro de *A. fraterculus* infestando *C. aurantium* en distintas épocas del año y la obtención de adultos de este tefrítido. Según las recomendaciones de Norrbom y Kim (1988), una especie frutal es una verdadera hospedante de una especie de *Anastrepha* Schiner cuando es infestada en condiciones naturales y se obtienen ejemplares del tefrítido. Por esta razón, *C. aurantium* puede ser considerado, por primera vez para Tucumán, como un hospedante natural de *A. fraterculus*. El naranjo agrio actuaría como un hospedante refugio para albergar las poblaciones de *A. fraterculus* procedentes de la guayaba (*Psidium guajava* L.), principal hospedante multiplicador, cuya fructificación finaliza cuando comienza la de *C. aurantium* (Ovruski *et al.* 2003). También *C. aurantium* fue citada como hospedante de *A. fraterculus* para el noreste argentino (Región 5) por Putruelle (1996). Para el NOA, numerosos autores (Rust 1916, 1918, Hayward 1944, 1960, Nasca 1970, Nasca *et al.* 1978, 1981) citaron diversas especies de *Citrus* como hospedantes de *A. fraterculus*. Sin embargo, *C. aurantium* no figura entre estas especies. Aunque también *A. fraterculus* fue registrada en *C. aurantium* en otros países sudamericanos, como Brasil, Perú y Venezuela (Norrbom y Kim 1988), en México los *Citrus* no serían hospedantes adecuados para el desarrollo de las larvas de este tefrítido (Aluja *et al.* 1999). Esta adaptación de *A. fraterculus* a ciertos hospedantes, según las regiones, puede sugerir algún fenómeno de especialización local o la existencia de diferentes subespecies o especies en América (Aluja 1999).

Cuadro 1. Análisis de las muestras con frutos de *Citrus aurantium* recolectadas en Horco Molle, Tucumán, Argentina, durante un año de estudio (septiembre/1999 - septiembre/2000).

Fecha de recolecta	Frutos recolectados		N° de puparios de Tephritidae		N° de adultos de Tephritidae		Nivel de infestación (n° puparios/kg fruta)		% de emergencia de adultos de Tephritidae		N° de parasitoides ⁽²⁾ parasitismo en Cc ⁽³⁾	
	N°	Peso (Kg)	Cc.	Af. ⁽⁴⁾	Cc.	Af.	Cc.	Af.	Af.	Cc.	Cc.	Af.
01/09 - 04/11/99	614	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11/11/99	86	9	2	0	0	0	0,8	0	100	0	0	0
17/11/99	73	9	16	0	0	0	1,8	0	56	0	0	0
26/11/99	76	8,6	188	0	100	0	21,9	0	53	0	6	6
01/12/99	74	8,6	561	0	347	0	65,2	0	62	0	19	5
09/12/99	65	8	513	0	376	0	64,1	0	73	0	23	6
16/12/99	75	8,5	423	0	179	0	49,8	0	42	0	2	1
22/12/99	74	9	752	0	666	0	83,6	0	88	0	5	1
29/12/99	64	7	96	0	39	0	13,7	0	41	0	0	0
05/01/00	64	7,8	172	0	114	0	22,1	0	66	0	4	3
12/01/00	68	9	99	3	72	1	11,0	0,4	72	33	5	6
20/01/00	67	8	207	14	82	5	25,9	1,8	40	36	0	0
27/01/00	72	8	81	7	10	4	10,1	0,9	12	57	0	0
01/02/00	34	4	26	0	16	0	6,5	0	61	0	0	0
08/02 - 03/05/00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/05/00	32	3	3	22	3	14	1	7,4	100	64	0	0
17/05/00	32	4	11	17	0	0	2,8	4,3	0	0	0	0
24/05 - 30/05/00	86	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06/06/00	71	7	0	1	0	0	0	0,2	0	0	0	0
14/06/00	77	9	0	1	0	0	0	0,1	0	0	0	0
21/06/00	72	9	0	1	0	0	0	0,1	0	0	0	0
28/06 - 28/09/00	944	114	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

⁽²⁾Número de ejemplares de *Aganaspis pelleranoi* emergidos de puparios de *C. capitata*; ⁽³⁾Cc. = *Ceratitidis capitata*; ⁽⁴⁾Af. = *Anastrepha fraterculus*.

La presencia del parasitoide *A. pelleranoi* atacando *C. capitata* en naranjo agrio es otro dato muy interesante aportado por el presente estudio. Si bien este parasitoide fue previamente citado para Tucumán y para el resto del NOA —bajo el nombre de *Eucoila pelleranoi* Brèthes— por Hayward (1940), Turica y Mallo (1961) y Nasca (1973), no existen registros en Argentina sobre la asociación trófica *A. pelleranoi*-*C. capitata*-*C. aurantium*. Solo fueron citados en *Citrus* para Argentina los parasitoides *Doryctobracon areolatus* Szépligeti —bajo los nombres de *Opius tucumanus* Blanchard y *Doryctobracon tucumanus* (Turica y Mallo)— en *C. sinensis* Nasca (1973) y en *C. paradisi* (Fernández de Araoz y Nasca 1984), y *Trichopria anastrephae* Costa Lima en naranjo (especie no identificada) (Turica y Mallo 1961). Sin embargo, Nasca (1973) y Fernández de Araoz y Nasca (1984) no especifican el número de ejemplares recolectados ni el porcentaje de parasitismo. Además, el parasitoide *T. anastrephae* estaría más asociado con Drosophilidae que con Tephritidae (Ovruski *et al.* 2000).

A. pelleranoi es una especie nativa del Neotrópico y perteneciente a la familia Figitidae (subfamilia Eucoilinae), que integra un gremio de endoparasitoides solitarios y koinobiontes, que ovipositan en la larva y emergen de la pupa del tefrítido hospedante. Además, este gremio incluye parasitoides neotropicales de la familia Braconidae (subfamilia Opiinae), como por ejemplo *D. areolatus*, que están estrechamente asociados al género *Anastrepha* (Ovruski *et al.* 2000). Una de las principales características ecoetológicas distintivas entre estos dos grupos de parasitoides es el comportamiento de forrajeo. Las especies de Braconidae localizan y parasitan las larvas hospedantes desde la superficie externa del fruto, por lo cual el tamaño de este afectaría los niveles de parasitismo en mayor o menor grado (Sivinski *et al.* 1997). Por el contrario, *A. pelleranoi* ingresa por orificios al fruto para ubicar y atacar directamente a la larva del tefrítido (Ovruski 1994), ante lo cual el tamaño del fruto no sería una limitante para la localización de larvas por parte de este parasitoide (Sivinski *et al.* 1997, López *et al.* 1999). Este tipo de comportamiento de forrajeo en *A. pelleranoi* explicaría su presencia atacando larvas de *C. capitata* en naranjo agrio (fruto de gran tamaño con un peso medio individual de 175 g), así como el mayor porcentaje de parasitismo registrado en frutos de suelo que en aquellos ubicados en el árbol. Esta información concuerda con los datos de parasitismo en

durazno y guayaba obtenidos para la provincia de Tucumán por Ovruski *et al.* (2004). Por lo general, los frutos caídos presentan fisuras o hendiduras que permiten el fácil acceso del parasitoide al interior del fruto. Otra importante característica de *A. pelleranoi* es el amplio espectro de ataque que posee, siendo sus hospedantes *C. capitata*, *Rhagoletis turpinae* Hernández-Ortiz, algunas especies de la familia Lonchaeidae, y numerosas especies del género *Anastrepha*, entre las que se encuentra *A. fraterculus* (Wharton *et al.* 1998, Ovruski *et al.* 2000).

Por todas estas características ecoetológicas, *A. pelleranoi* es un potencial agente de biocontrol para ser utilizado contra las especies de tefrítidos de importancia económica en Argentina. La posibilidad de emplear *A. pelleranoi*, así como otros parasitoides nativos, para el control biológico de especies de *Anastrepha* plaga, ya fue sugerida para México por Sivinski *et al.* (1997) y López *et al.* (1999).

Conclusión

Citrus aurantium (naranjo agrio) es un hospedante natural de *A. fraterculus* y *C. capitata* en Tucumán. Esta especie de *Citrus* actuaría como un fruto multiplicador de *C. capitata* entre principios de noviembre y fines de enero. Aunque el porcentaje de parasitismo registrado por *A. pelleranoi* en *C. aurantium* fue en general bajo, este enemigo natural no debe ser descartado como un posible agente de control biológico contra ambas especies de tefrítidos de importancia económica en Argentina. El interesante comportamiento de forrajeo que presenta le permitiría localizar y atacar larvas de *C. capitata* y/o *A. fraterculus* en *Citrus* con mayor éxito que otras especies de parasitoides nativos. Ante esto, *A. pelleranoi* puede ser muy apropiado para su empleo en liberaciones masivas en áreas de Tucumán con predominancia de *Citrus*.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Carolina Colín, Luis Oroño, Nora Ovruski, Alejandra Soria, Verónica Núñez Roig y Eduardo Frías por el permanente apoyo brindado en las tareas de campo y de laboratorio; a Susana Álvarez por la identificación de la especie frutal y al Sr. Luis Medina, personal del Parque Sierra de San Javier, por el registro diario de los datos meteorológicos. Sergio Ovruski desea agradecer a Delicia Fernández de Araoz y a Antonio Nasca por sus importantes comentarios sobre las moscas de la fruta en Tucumán. Se agradece también al Centro de Investigaciones para la Regulación de Poblaciones de Organismos Nocivos (CIRPON-Fundación Miguel Lillo), por las instalaciones facilitadas, y a las autoridades del Parque Sierra de San Javier y de la Reserva de Flora y Fauna de Horco Mo-

lle (Universidad Nacional de Tucumán), por facilitar las actividades de campo en sus predios. Agradecemos el apoyo económico otorgado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica de Argentina a través del Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONCYT), por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina (CONICET) y por el Instituto Superior de Entomología "Dr. Abraham Willink" (INSUE) - Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo - Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.

Literatura citada

- Aluja, M. 1999. Fruit fly (Diptera: Tephritidae) research in Latin America: Myths, realities and dreams. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 28(4):565-594.
- Aluja, M; Pérez-Staples, D; Piñero, J; Macías, R; McPheron, B; Hernández, V. 1999. Are Mexican populations of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) able to infest oranges and grapefruit? In WGFFWH meeting (3, 1999, Guatemala). ISCANEN. p. 79-80.
- Aruani, R; Ceresa, A; Granados, JC; Taret, G; Peruzzotti, P; Ortiz, G. 1996. Advances in the national fruit fly control and eradication program in Argentina. In Bruce, A; McPheron; Steck, J. eds. Fruit Fly Pest. A world assessment of their biology and management. Delray Beach, FL, US, St. Lucie Press. p. 21-530.
- Brown, AD. 1995. Las selvas de montaña del noroeste de Argentina: problemas ambientales e importancia de su conservación. In Brown, AD; Grau. eds. Investigación, conservación y desarrollo en selvas subtropicales de montaña. Argentina, Laboratorio de Investigaciones Ecológicas de las Yungas (LIEY), Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Tucumán. p. 9-18.
- Cosenzo, E; Ruiz, M; D'Angelcola, E. 1999. Programa Nacional de Control y Erradicación de Moscas de los Frutos (PROCEM) en la República Argentina. In WGFFWH meeting (3, 1999, Guatemala). ISCANEN. p. 124-125.
- Costilla, MA. 1967. Importancia de la mosca del Mediterráneo (*Ceratitis capitata* Wied.) en los *Citrus* de Tucumán y su control. Argentina, EEAOC. 12 p. (Boletín no. 105).
- Domato, J; Aramayo, H. 1947. Contribución al estudio de las moscas de las frutas en Tucumán. *Boletín de la Estación Experimental Agrícola de Tucumán* 60: 27.
- Escobar J; Bianchi, J; Murua, F. 1998. Avances en el programa de erradicación de mosca del mediterráneo (*Ceratitis capitata* Wied.) en San Juan-Argentina. In Taller de trabajo sobre avances en investigación y apoyo científico al PROCEM (2, 1998, Argentina). Memorias. Buenos Aires, AR, SENASA. p. 11-12.
- Fernández de Araoz, D; Nasca, AJ. 1984. Especies de Braconidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea) parasitoides de moscas de los frutos (Diptera: Tephritidae) colectados en la provincia de Tucumán. CIRPON. *Revista de Investigación* 2(1-2): 37-46.
- Frissole, MS. 2000. Programa de control y erradicación de moscas de los frutos, provincia de La Rioja. II Taller internacional de moscas de los frutos (II, 2000, Argentina). Buenos Aires, AR. p. 17-18.
- Fogliata, MG; Canton, NV; Plopper, LD. 2000. Análisis de laboratorio para certificación de fruta cítrica del NOA con destino a EEUU. Tucumán, AR, Avance Agroindustrial 21(4):4-7.
- Fonalleras, ML. 1999. Regulaciones cuarentenarias en relación a moscas de los frutos. In Taller internacional sobre programas de control y erradicación de moscas de los frutos (2, 1999, Buenos Aires, AR). Memorias. Buenos Aires, AR, SENASA-PROCEM. p. 5.
- García, MA; Ivaldi, J. 2000. La actividad citrícola de Tucumán: evolución durante el año 2000. *Horizonte Agroalimentario* 1:8-11.
- Gómez Riera, P; De Longo, O; Colombo, A. 2000. El control y erradicación de la mosca del Mediterráneo en Mendoza, Argentina. *Horticultura Argentina* 19(46):89.
- Hayward, KJ. 1940. Lucha biológica contra las moscas de las frutas. Dispositivo que permite la salida de los parásitos beneficiosos del pozo donde se arroja la fruta atacada. *Rev. Ind. Agr. Tuc.* (10-12):230-233.
- _____. 1944. Las moscas de la fruta en Tucumán. Argentina, EEAOC. 10 p. (Circular no. 126).
- _____. 1960. Insectos tucumanos perjudiciales. *Rev. Ind. Agr. Tuc.* XLII(1):3-144.
- Howse, PE; Knapp, JJ. 1996. Pheromone of Mediterranean fruit fly: Presumed mode of action and implications for improved trapping techniques. In Fruit Fly Pest, a world assessment of their biology and management. McPheron, A; Steck, GJ. Eds. United States, St. Lucie Press. p. 91-99.
- López, M; Aluja, M; Sivinski, J. 1999. Hymenopterous larval-pupal and pupal parasitoids of *Anastrepha* flies (Diptera: Tephritidae) in México. *Biological Control* 15:119-129.
- Nasca, AJ. 1970. Principales problemas fitosanitarios de los cultivos más importantes de la Región Noroeste Argentino. Argentina, FAZ, UNT. 32 p. (Misc. no. 35).
- _____. 1973. Parásitos de moscas de los frutos establecidos en algunas zonas de Tucumán. *Revista agronómica del noroeste argentino* 10(1-2): 31-43.
- _____; Teran, AL; Fernandez, RV; Mena, AJ. 1978. Problemas fitosanitarios de la citricultura del N.O. argentino. Argentina, FAZ, UNT. 24 p. (Publicación especial no. 11).
- _____; Teran, AL; Fernandez, RV; Pascualini, AJ. 1981. Animales perjudiciales y benéficos a los cítricos en el noroeste argentino. CIRPON, 62 p.
- _____; Zamora, JA; Vergara, LE; Jaldo, HE. 1996. Hospederos de moscas de los frutos en el Valle de Antinaco-Los Colorados, provincia de La Rioja, República Argentina. CIRPON *Rev. Invest.* 10(1-4):19-24.
- Norrbom, AL; Kim, KC. 1988. A list of the reported host plants of the species of *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae). Washington, US, United States Department of Agriculture (APHIS 81-52). 114 p.
- Ovruski, SM. 1994. Comportamiento en la detección del huésped de *Aganaspis pelleranoi* (Hymenoptera: Eucolilidae) parasitoides de larvas de *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Rev. Soc. Entomol. Argent.* 53(1-4):121-127.
- _____; Cancino, JL; Fidalgo, P; Liedo, P. 1999. Nuevas perspectivas para la aplicación del control biológico contra moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae) en Argentina. *Manejo Integrado de Plagas* 54:1-12.

- _____; Aluja, M; Sivinski, J; Wharton, R. 2000. Hymenopteran parasitoids on fruit-infesting Tephritidae (Diptera) in Latin America and the southern United States: Diversity, distribution, taxonomic status and their use in fruit fly biological control. *Integrated Pest Management Reviews* 5: 81-107.
- _____; Schliserman, P; Aluja, M. 2003. Native and introduced host plants of *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in northwestern Argentina. *Journal of economic Entomology* 96(4):1108-1118.
- _____; Schliserman, P; Aluja, M. 2004. Indigenous parasitoids (Hymenoptera) attacking *Anastrepha fraterculus* and *C. capitata* (Diptera: Tephritidae) in native an exotic host plants in northwestern Argentina. *Biological Control* 29:43-57.
- Panzardi, ME. 1993. Evaluación del estado actual de los suelos considerando cobertura, topografía y manejo en la reserva de Horco Molle. Tesis de grado. Argentina, Universidad Nacional de Tucumán. 74 p.
- Papetti-Villada, LE. 1978. Geología, geomorfología e hidrología de la subcuenca de Cainzo - las piedras, sierra de San Javier, provincia de Tucumán. Tesis de grado. Argentina, Universidad Nacional de Tucumán. 87 p.
- Putruelle, MTG. 1996. Host for *Ceratitis capitata* and *Anastrepha fraterculus* in the Northeastern province of Entre Rios, Argentina. In *Fruit Fly Pests: a world assessment of their biology and management*. Brunce, A; McPheron, A; Steck, GJ. Estados Unidos, St. Lucie Press. p. 343-345.
- Putruelle, G; Petit-Marty, N. 2000. Líneas de trabajo sobre moscas de los frutos en ejecución en la EEA Concordia del INTA. Taller internacional de moscas de los frutos (2, 2000, Argentina). Buenos Aires, AR. 41 p.
- Ratkovich, M; Nasca, AJ. 1953. Infestación de las moscas de la fruta (*Anastrepha* spp. y *Ceratitis capitata*) en los cultivos cítricos de la provincia de Tucumán en el período noviembre 1952 - noviembre 1953. *IDIA* 6(71):50-53.
- Rosillo, MA. 1953. Resultados preliminares de un estudio bioecológico de los dípteros (Tripetidae) del noroeste argentino. *RIA* 7(2):97-130.
- Rust, EW. 1916. El gusano de los citrus. *Revista Industrial Agrícola de Tucumán* 7: 475-477.
- _____. 1918. *Anastrepha fraterculus* (Wied.) - A severe menace to the southern United States. *Journal of Economic Entomology* 11:457-467.
- Sánchez, R; Mongabure, A; Rial, E. 1999. Programa moscas de los frutos Patagonia, evaluación de la campaña 1998/1999. Taller internacional sobre programas de control y erradicación de moscas de los frutos, Buenos Aires, Argentina. p. 14-16.
- Schultz, EF. 1938. La lucha contra las moscas de las frutas en Tucumán. *Revista Industrial Agrícola de Tucumán* 28(7-9):171-172.
- SENASA. 1998. Resumen ejecutivo del Programa Nacional de Control y Erradicación de Moscas de los Frutos (PROCEM). In *Taller de trabajo sobre avances en investigación y apoyo científico al PROCEM* (2, 1998, Argentina). Memorias. Buenos Aires, AR, SENASA. p. 3-6.
- Sivinski, J; Aluja, M; López, M. 1997. Spatial and temporal distributions of parasitoids of Mexican *Anastrepha* species (Diptera: Tephritidae) within the canopies of fruit trees. *Annals of the Entomological Society of America* 90(5):604-618.
- Steyskal, GC. 1977. Pictorial key to species of the genus *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae). Washington, DC, US, Entomological Society of Washington.
- Tecco, PA; Rouges, M. 2000. El naranjo agrio (*Citrus aurantium*), exótica invasora de bosques maduros, In *Grau, HR; Aragón, R. eds. Ecología de árboles exóticos en las yungas argentinas*. Argentina, Laboratorio de Investigaciones Ecológicas de las Yungas (LIEY), Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Tucumán. p. 37-45.
- Torres Leal, G; Gastaminza, G; Carrizo, B; Willink, E. 2000. Investigaciones en postcosecha para la apertura del mercado japonés a la fruta del NOA. *Horizonte Agroalimentario*, p. 4-6.
- Turica, A; Mallo, RG. 1961. Observaciones sobre la población de las Tephritidae y sus endoparásitos en algunas regiones cítricas argentinas. *IDIA* 6: 145-161.
- Vaccaro, NC. 2000. Relevamiento de *Anastrepha fraterculus* Wied. en distintos sitios del país para estudios morfológicos, p. 42. In *Taller internacional de moscas de los frutos* (2). Memorias. Buenos Aires, AR, SENASA. 45 p.
- Vergani, AR. 1952. La mosca del Mediterráneo. *Publ. Inst. San. Veg. M.A.G.N., serie B, no. 22, p. 1-12.*
- Wharton, RA; Ovruski, SM; Gilstrap, FE. 1998. Neotropical Eucoididae (Cynipoidea) associated with fruit infesting Tephritidae, with new records from Argentina, Bolivia and Costa Rica. *Journal of Hymenoptera Research* 7(1):102-115.
- White, IM; Elson- Harris, MM. 1992. Fruit flies of economic significance: their identification and bionomics. *Melksham, UK, CAB international*. 601 p.
- Yuval, B; Hendrichs, J. 2000. Behavior of flies in the genus *Ceratitis* (Dacinae: Ceratitidini). In *Aluja, M; Norrbom, AL. eds. Fruit Flies (Diptera: Tephritidae): Phylogeny and evolution of behavior*. Boca Raton, FL, US, CRC Press. p. 429-457.
- Zucchi, RA. 2000. Taxonomía, In *Malavasi, A; Zucchi, RA. eds. Moscas-das-frutas de importancia economica no Brasil: Conhecimento básico e aplicado*. Riberiao Preto, SP, BR, Holos, Editora Ltda-ME. p. 13-24.

Termitas asociadas a plantaciones de *Eucalyptus* spp. en una reforestadora en Magdalena, Colombia

Ana I. Gutiérrez¹
Sandra Uribe²
John A. Quiroz³

RESUMEN. En el presente estudio se realizó un muestreo y reconocimiento de termitas que atacan *Eucalyptus* spp. en la Reforestadora San Sebastián, del Departamento de Magdalena, en Colombia. Se muestrearon 587 hectáreas plantadas de *Eucalyptus tereticornis* (80%), *Eucalyptus camaldulensis* (15%) y *Eucalyptus urophylla* (5%). Se recolectaron e identificaron 16427 termitas, utilizando la metodología de transectos. Las termitas encontradas corresponden a *Microcerotermes* sp. (96,97%) atacando las tres especies de eucalipto; *Amitermes foreli* (0,030%) y *Coptotermes crassus* (2,0%) se encontraron atacando *E. tereticornis*. Se precisan las características del daño, su importancia en el área muestreada y las observaciones que permitieron identificar taxonómicamente las termitas y asociarlas con un tipo de daño y árbol atacado.

Palabras clave: *Amitermes*, *Coptotermes*, eucalipto, *Microcerotermes*, reforestadora, termitas.

ABSTRACT. Termites associated to *Eucalyptus* spp. in a forest plantation in Magdalena, Colombia. Sampling and identification of termites attacking *Eucalyptus* trees were carried out at the San Sebastián forest plantation, in Colombia. Damage on the trees was also described. Close to 600 ha were surveyed for the collection and identification of termite species, where 80% of the trees were *Eucalyptus tereticornis*, 15% *Eucalyptus camaldulensis* and 5% *Eucalyptus urophylla*. Sixteen thousand termites were collected and identified using the transect method. The species found belonged to *Microcerotermes* sp. (96.97%), attacking the three *Eucalyptus* species, and *Amitermes foreli* (0.030%) and *Coptotermes crassus* (2.0%) were found on *E. tereticornis*. This paper describes the pattern of damage, its importance in the sampled area and observations pertaining to the taxonomical identification of termites.

Key words: *Amitermes*, *Coptotermes*, *Eucalyptus*, forest plantation, *Microcerotermes*, termites.

Introducción

El daño causado por insectos en árboles maderables y elementos de construcción afecta significativamente la reforestación, una actividad económica que en Latinoamérica alcanza grandes proporciones (Dai y Li 1990, Garcés 1997). En países como Colombia, Chile y Brasil las termitas se conocen como voraces insectos destructores de la madera, que causan grandes pérdidas económicas. En Colombia, existen aproximadamente 145000 ha de bosques plantados por empresas forestales para la reforestación. El 70% de los árboles son especies introducidas, entre las cuales *Eucalyptus*

suma una proporción importante. Este género comprende entre 500 y 600 especies originarias de Australia e introducidas a los países tropicales y subtropicales del Nuevo Mundo. Se utiliza frecuentemente como materia prima para vigas y postes, debido a su producción de madera pesada, dura y con crecimiento en forma espiral. La madera de especies como *Eucalyptus camaldulensis* (*rostrata*) es considerada como una de las más durables, por lo cual se utiliza en construcciones subterráneas, acuáticas y portuarias (Lamprecht 1990). Los eucaliptos también son fuente melífera y

¹ Grupo Micología, Instituto de Biología, Universidad de Antioquia. A.A.1226 Medellín, Colombia. anaisaguti@hotmail.com

² Grupo Sistemática Molecular, Posgrado en Entomología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Colombia. suribe@perseus.unalmed.edu.co

³ Museo Entomológico Francisco Luis Gallego, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Colombia. black961@yahoo.com

las mieles y productos derivados del néctar de estos árboles poseen características muy saludables (Hoyos 1974, Lamprecht 1990, Pérez-Arbelaez 1994).

La mayoría de las especies de *Eucalyptus* son susceptibles al daño por termitas, que se alimentan de la parte seca de la corteza de los árboles; posteriormente, acceden al interior y originan la muerte lenta del árbol (Berón 1983, Garcés 1997). El daño comienza por la parte central de la base y las perforaciones forman una especie de cono con un vértice, que asciende paulatinamente, disminuyendo la longitud de la troza. Así, la base, que es la parte de mayor diámetro y valor comercial, debe descartarse. Finalmente, aparece una rajadura longitudinal en los árboles, que se convierte en puerta de entrada para otros insectos y algunos patógenos, agravándose el cuadro sanitario (Madrigal 1989).

Las semillas de eucalipto también son atacadas por termitas subterráneas, disminuyendo significativamente el potencial de regeneración natural de las plantaciones. Además, la presencia de termitas está directamente relacionada con la pérdida progresiva de litera en plantaciones de eucaliptos como *E. camaldulensis* (Bahuguma *et al.* 1990).

Aunque en Colombia existen evidencias de pérdidas económicas significativas por el daño de termitas en diversos cultivos y plantaciones, hay muy pocos estudios sobre el reconocimiento de especies y aspectos básicos de la biología y el control de termitas. En el caso particular del eucalipto, Madrigal (1989) registra *Amitermes foreli* y *Heterotermes* sp. atacando *Eucalyptus tereticornis*. Garcés (1997) registra *Coptotermes curvignathus* y *Macrotermes goliath* atacando *Eucalyptus* spp.

En el presente estudio se realizó un muestreo e identificación taxonómica de las termitas cuyos daños en *E. tereticornis*, *E. camaldulensis* y *E. urophylla* han incrementado recientemente y de forma considerable las pérdidas económicas en la Reforestadora. En adición a la identificación taxonómica, se describe la ubicación de las termitas en los árboles y el daño causado.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la Reforestadora San Sebastián, en las inmediaciones del municipio de San Sebastián de Buenavista (departamento de Magdalena, Colombia; 9°17'N y 74°32'O), con un total de 7000 ha. Esta área se encuentra en la zona de vida bosque seco (bs-T) a bosque húmedo tropical (bh-T),

caracterizada por tener una temperatura promedio de 26,9 °C, una precipitación media anual de 2075 mm y una altitud de 5 m sobre el nivel del mar (Espinal 1990, Hernández 1993, Borreros 1996).

El muestreo se realizó en una de las fincas de la reforestadora, que cuenta con un total aproximado de 1700 ha, de las cuales se inspeccionaron 587,11 mediante la técnica del transecto (Jones y Eggleton 2000). Estas están plantadas con *E. tereticornis* (80%), *E. camaldulensis* (15%) y *E. urophylla* (5%), y de acuerdo con la Reforestadora son las especies más afectadas por las termitas.

Se realizaron 10 muestreos en época de verano, período en el cual se presenta el mayor daño por parte de las termitas obreros (FAO 1981, Logan *et al.* 1990, observaciones de los autores en la Reforestadora San Sebastián). Para la recolección de las termitas se seleccionaron 12 parcelas al azar, de 40 m x 40 m. En estas parcelas se calculó el índice de infestación por termitas y se seleccionaron aquellas con índices de infestación cercanos al 70%. El índice se calculó dividiendo el número de árboles infestados por termitas en cada parcela entre el número de árboles totales por parcela x 100. Usando el índice como criterio, se seleccionaron siete parcelas, numeradas del 1 al 7, en las cuales se delimitó el área con una pita. Luego se trazaron cuatro transectos horizontales en cada parcela, separados por 10 m entre sí. En cada transecto se dividieron ocho secciones, de 5 m cada una, que se inspeccionaron con un esfuerzo de muestreo de 30 minutos por sección, equivalente a 150 minutos/transecto, es decir, 10 horas por parcela (Jones y Eggleton 2000). Para las siete parcelas, se muestrearon en total 1024 árboles.

Con la ayuda de un pincel, se recolectaron las termitas de los caminos en la superficie o el interior de los árboles y los termiteros. Para recolectar las termitas que atacan el eucalipto internamente y cuyo daño empieza desde la raíz, se hicieron cortes longitudinales en los sitios donde se observó el daño y se recolectaron los especímenes usando palillos delgados de madera. Los individuos presentes en troncos talados se recogieron del orificio central de los mismos. Las termitas fueron fijadas en alcohol y en reactivo de Kahle's: 95% de alcohol etílico, 100 partes; agua destilada, 100 partes; formaldehído, 13 partes y ácido acético glacial, 5 partes (Borrer *et al.* 1989). Posteriormente, los especímenes fueron aclarados con KOH al 5, 10, 15 y 20% utilizando diferentes tiempos

de exposición (5-15 días), conforme a la metodología de Stehr (1987). Por último, fueron montados en placas microscópicas, utilizando para ello bálsamo de Canadá.

Para la identificación taxonómica, se separaron las familias y géneros agrupando las que al observarse al estereomicroscopio presentaron diferencias morfológicas apreciables, como presencia o ausencia de fontanela, cípeo bilobulado o no, dientes mandibulares en imagos u obreros. En la mandíbula de los soldados se observó si existían dentaciones o serraciones o si esta era lisa. También se observó la forma del pronoto, el tamaño de las escamas de las alas posteriores, el número de espuelas tibiales, el número de segmentos tarsales en las patas y el número de segmentos en los cercos (Weesner 1987, Nickle y Collins 1988, 1992, Bach 1997). Las castas con valor taxonómico —como obreros y soldados— se separaron cuidadosamente. Para las identificaciones a nivel de género se utilizaron las claves taxonómicas de Weesner (1987), Nickle y Collins (1988, 1992), Nutting (1990), Watson y Gay (1991), Bach (1997) y Constantino (1999), que se basan principalmente en características de soldados e imagos. Se realizaron observaciones directas de caracteres diagnósticos y medición de estructuras con la ayuda de una rejilla micrométrica en estereomicroscopio Bausch & Lomb (10X) con zoom y con una rejilla micrométrica en microscopio Nikon Anti-Mould YS2-T (10X).

Los especímenes fueron depositados en el Museo Entomológico Francisco Luis Gallego (MEFLG), de la Sección de Entomología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

Resultados y discusión

El 81,25% de los árboles presentó daño por termitas. En el total del área muestreada, correspondiente a las 587 ha, se recolectaron 16427 termitas, pertenecientes a las familias Termitidae y Rhinotermitidae, representadas por el género *Microcerotermes* sp. y las especies *A. foreli* Wasmann y *C. crassus* Snyder (Figs. 1, 2a y 3).

Del total de las termitas recolectadas, el 96,97% corresponde a *Microcerotermes* sp., el 2,0% a *C. crassus* y el 0,030% a *A. foreli* (Cuadro 1). *Microcerotermes* sp. se encontró atacando principalmente *E. tereticornis*, aunque también se observó en *E. camaldulensis* y *E. urophylla*. Los árboles atacados



Figura 1. Vista dorsal de obrero de *Microcerotermes* sp. (10X).

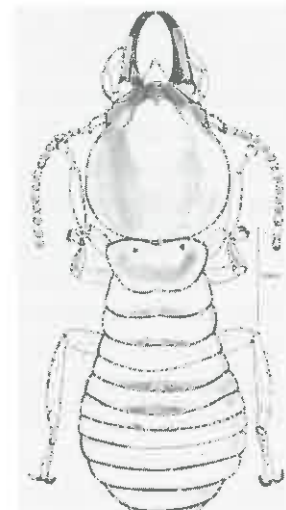
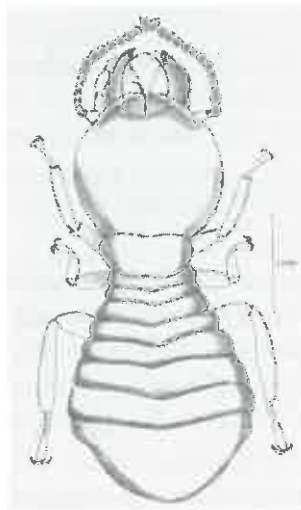


Figura 2a. Vista dorsal de obrero **Figura 2b.** Vista dorsal de soldado de *Coptotermes crassus* (30X).

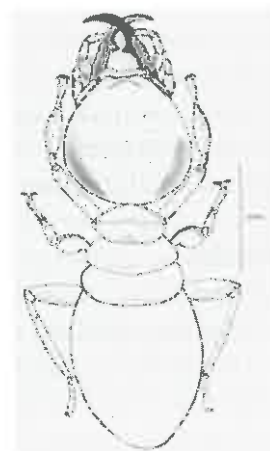


Figura 3. Vista dorsal de soldado de *Amitermes foreli* (30X).

Cuadro 1. Número de termitas, termiteros y caminos encontrados en los árboles muestreados por parcela en la Reforestadora San Sebastián, Magdalena (Colombia).

Parcela	Total de árboles/ parcela	Termitas			Termiteros			Caminos			Total de árboles infestados/ parcela
		Suelo	Base tronco	Diferentes alturas	Suelo	Base tronco	Diferentes alturas	Suelo	Base tronco	Diferentes alturas	
1	80	12	0	0	6	0	2	1	0	36	57
2	115	26	3	1	0	41	9	0	0	16	96
3	159	6	20	0	0	66	1	0	0	37	130
4	129	5	31	0	0	36	2	0	0	46	120
5	214	0	74	2	0	47	5	0	0	71	199
6	150	0	35	1	0	32	3	0	1	36	108
7	177	0	52	10	0	2	24	0	0	34	122
Total	1024	49	215	14	6	224	46	1	1	276	832

eran los de menor grosor en el tallo (10-20 cm de diámetro), con una edad aproximada de entre siete y 15 años y altura de entre 10 y 20 m. Estos árboles presentaron muchos caminos de coloración café oscura ocasionados por las termitas, las cuales se encontraron desde los 10 cm de altura en el tallo hasta los 8 m. Los termiteros, que constituyen la mayor protección para este género, se observaron en la base del tronco y fue necesario cortar fuertemente algunas secciones del árbol para observar las termitas vivas.

La parcela 3 presentó el número más alto de termiteros correspondientes a *Microcerotermes* sp. y en la parcela 5 se observó el mayor número de árboles afectados de forma visible, es decir, con caminos a diferentes alturas, además del mayor número de árboles con individuos identificados como *Microcerotermes* sp. Un alto porcentaje de *Microcerotermes* correspondió a obreros, lo cual es relevante si se considera el daño de los mismos a la madera.

La mayor proporción de individuos de *Microcerotermes* sp. se encontró después de sequías prolongadas. Los termiteros encontrados a nivel del suelo se caracterizaron por ser grandes, de coloración café y de apariencia seca, y en su interior se observaron numerosas cámaras de color oscuro y aspecto húmedo.

Aunque en Colombia no se había registrado *Microcerotermes* atacando *Eucalyptus*, el hallazgo de este género como el más abundante en el presente estudio concuerda con el registro de Ngatiman y Tangketasik (1987). De acuerdo con estos investigadores, *Microcerotermes* es uno de los géneros considerados como plaga importante de *E. tereticornis*, que ataca árboles en pie y en etapa de crecimiento. Dado que una alta proporción de la reforestadora está plantada con *E. tereticornis* y que *Microcerotermes* sp. se encontró

en todas las parcelas muestreadas con daños visibles y con un gran número de termiteros, este hallazgo es muy significativo y tiene un gran impacto económico para la Reforestadora San Sebastián.

El género *Coptotermes* incluye termitas subterráneas previamente registradas en Colombia como plagas de *Eucalyptus* spp. (Garcés 1997). En el presente estudio, *C. crassus* solo se encontró en la parcela 2 y en árboles maduros con troncos cuyo diámetro era mayor de 30 cm. Los termiteros se observaron entre 29 cm y 1,21 m de altura. La proporción más alta de individuos fue de soldados y solo se observó atacando *E. tereticornis*. Los soldados vivos se reconocieron fácilmente en el campo debido a que cuando son perturbados expulsan una gota grande de líquido blanco de su fontanela prominente. La secreción se seca rápidamente hasta formar una película flexible y transparente sobre el insecto, haciendo que quede más o menos inmóvil (Nickle y Collins 1988, 1992).

Su daño en árboles de mayor edad origina una de las pérdidas más grandes para la producción de la madera, y es uno de los daños más graves y generalizados en árboles maduros (Cowie *et al.* 1989). A simple vista, los árboles no presentan ninguna evidencia de deterioro, pero cuando se los corta están completamente dañados en su parte central. Esto se debe a que las termitas ascienden desde la parte basal y el daño comienza desde la raíz hasta afectar todo el árbol. Se observó que hacia la parte más externa del árbol predominan los soldados (Fig. 2b). El corazón de la madera se encontró destruido, razón por la cual esta especie es conocida como "termitas del tronco" (Wilcken y Berti-Filho 1998).

A. foreli (Fig. 3) fue observada en troncos caídos de *E. tereticornis*, lo cual concuerda con los hábitos descritos para la familia Termitidae, cuyos individuos

se encuentran raramente en maderas sanas, pero utilizan frecuentemente madera podrida o expuesta a la intemperie (Kofoid *et al.* 1946). Los nidos se observaron como masas compactas de pequeñas celdas construidas de celulosa y lignina con mezcla de suelo. En 1989, Madrigal había registrado *A. foreli* como plaga de *E. tereticornis* en la empresa reforestadora Refocosta. Asimismo, Parra (1993) mencionó que los nidos de una especie de *Amitermes* sp. sirven de hospedante a los de *Microcerotermes* sp. y *Heterotermes* sp., pero esto no fue observado en el presente estudio.

El método de transecto (Jones y Eggleton 2000) utilizado en el presente estudio permitió explorar y registrar la presencia de termitas que atacan *Eucalyptus* en un área de 587 ha. Los resultados son significativos en términos económicos y de producción para la reforestadora y representativos para el país.

Microcerotermes sp. y *C. crassus* constituyen los hallazgos más importantes del presente estudio. El primero, por su abundancia (individuos), termiteros establecidos y daños observables en una gran proporción de árboles en crecimiento de las tres especies de *Eucalyptus*. El segundo, por la trascendencia del daño a árboles maduros y porque, dadas las características del daño, es posible que se subestime su presencia.

El registro de *Microcerotermes* sp. en Colombia atacando las tres especies de *Eucalyptus* tiene especial significado, así como la caracterización de su daño en el campo, que permite detectar la presencia de las termitas, hacer un diagnóstico y tener en cuenta la necesidad de actividades de control.

Para Colombia existe una notable carencia de estudiosos de este grupo de insectos en aspectos básicos, como la taxonomía y establecimiento de niveles económicos de daño o impacto en la producción, a pesar de la importancia de la reforestación y producción de madera como actividad económica y las pérdidas que se derivan del daño por termitas.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Reforestadora San Sebastián, a la Corporación de Patologías Tropicales, al Comité para el Desarrollo de la Investigación (CODI), al Instituto de Biología, al Grupo de Micología Universidad de Antioquia y al Grupo de Investigación en Sistemática Molecular de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín por la financiación y apoyo a este trabajo. A Yamillé Saldarriga O., Fabio Pineda G., Mónica P. Zuluaga A. y Duverney Chaverra R. por su colaboración en el trabajo de campo y laboratorio. A Ana M. Jaramillo, por las ilustraciones. Al personal de la Reforestadora y a Rafael Rocha por su colaboración en la recolección de los termiteros.

Literatura citada

- Bach, C. 1997. Claves para familias de termitas presentes en Colombia: alados y soldados. Seminario. Medellín, CO, Universidad Nacional de Colombia. *s.n.t.*
- Bahuguma, VK; Negi, JDS; Joshi, SR; Naithani, KC. 1990. Leaf litter decomposition and nutrient release in *Shorea robusta* and *Eucalyptus camaldulensis* plantation. *Indian Forester* 116:103-114.
- Berón, C. 1983. Daños y control de termitas. Seminario como trabajo de Investigación. Medellín, CO, Universidad Nacional de Colombia. 68 p.
- Borreros, S. 1996. Diccionario geográfico de Colombia. Tomo 3. Bogotá, CO, Instituto Geográfico Agustín Codazzi. p. 1404-1405.
- Borror, DJ; Triplehorn, CA; Johnson, NF. 1989. An Introduction to the study of insects. Fort Worth, US, Saunders College Publishing. p. 234-241.
- Constantino, R. 1999. Clave para as familias de cupins que ocorrem no Brasil. *Papéis Avulsos de Zoologia* 40(25): 408-448.
- Cowie, RH; Logan, JWM; Wood, TG. 1989. Termite (Isoptera) damage and control in tropical forestry with special reference to Africa and Indo-Malaysia: a review. *Bulletin of Entomological Research* 79:173-184.
- Dai, ZV; Li, G-X. 1990. Termite damage and control in China. *In International Congress of the International Union for the Study of Social Insects* (11, 1990, Bangalore, IN). Proceedings. Eds. GK Veeresh; B Mallick; CA Viraktamath. Social Insects and the Environment. India, Oxford and IBH Publishing. p. 597-599.
- Espinal, LS. 1990. Geografía ecológica de Colombia. Medellín, CO, Universidad Nacional de Colombia. p. 61-62.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1981. El eucalipto en la Repoblación Forestal. Roma, IT, FAO. p. 251-322.
- Garcés, JE. 1997. Generalidades sobre las principales plagas insectiles en plantaciones forestales de Colombia (guía de campo). Medellín, CO, Universidad Nacional de Colombia. p. 293-311.
- Hernández, RJ. 1993. Evaluación del efecto de la densidad de crecimiento del *Eucalyptus tereticornis* en la Costa Atlántica Colombiana. Tesis Ing. Forestal. Medellín, CO, Universidad Nacional de Colombia. 101 p.
- Hoyos, J. 1974. Árboles cultivados de Venezuela. Caracas, VE, Sociedad de Ciencias Naturales. p. 148-149. (Monografía no. 20).
- Kofoid, A; Light, SF; Horner Merle Randall, AC; Herms, WB; Bowe, EE. 1946. Termites and termite control. A report to the termite investigations committee. Berkeley, CA, US, University of California Press. p. 13-205.
- Jones, DT, Eggleton, P. 2000. Sampling termite assemblages in tropical forest: testing a rapid biodiversity assessment protocol. *Journal of Applied Ecology* 37(80):191-203.
- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos. Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas. Posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Eschborn, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) Cooperación Técnica-Repubblica Federal de Alemania. p. 276-288.
- Logan, JWM; Cowie, RH; Wood, TG. 1990. Termite (Isoptera) control in agriculture and forestry by non-chemical

- methods: a review. *Bulletin of Entomological Research* 80(3):309-330.
- Madrigal, A. 1989. Reconocimiento de insectos dañinos en plantaciones forestales de la Costa Atlántica Colombiana. *Sociedad Colombiana de Entomología. Miscelánea* 12:1-24.
- Ngatiman; Tangketasik, J. 1987. Some insect pests on trial plantation of PT ITCI, Kenangan, Balikpapan, East Kalimantan (Indonesia). *Wanotrop (Indonesia). Jurnal Penelitian Hutan Tropika Samarinda = Tropical Forest Research Journal of Samarinda* 2(1):41-53.
- Nickle, DA; Collins, MS. 1988. The Termite Fauna (Isoptera) in the Vecinity of Chamela, State of Jalisco, México. *Folia Entomológica Mexicana* 77:85-122.
- Nickle, DA; Collins, MS. 1992. The termites of Panama (Isoptera). *In* Quintero, D, Aiello, A. eds. *Insects of Panama and Mesoamérica. Selected Studies*. Inglaterra, Oxford University Press. p. 208-242.
- Nutting, WL. 1990. Insecta: Isoptera. *In* Dindall, DL. ed. *Soil Biology Guide*. New York, US, John Wiley & Sons. p. 997-1032.
- Parra, G. 1993. Termitas del área sur-occidental Colombiana y su importancia económica. Tesis Mag. Sc. Medellín, CO, INCIVA (Instituto Vallecaucano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales Francisco José de Caldas), Universidad de Antioquia. 97 p.
- Pérez-Arbelaez, E. 1994. Plantas útiles de Colombia. Medellín, CO, Editorial Víctor Hugo. p. 502-505.
- Stehr, FW. 1987. Techniques for collecting, rearing, preserving and studying immature insects *In* Stehr, FW. ed. *Immature Insects*. Iowa, US, Kendall/Hunt Publishing Company. v. 1, p. 7-18.
- Watson, JAL; Gay, FJ. 1991. Isoptera (Termites). *In* *The Insects of Australia*. Ithaca, New York, US, Cornell University Press. v. 2, p. 330-347.
- Weesner, FM. 1987. Order Isoptera. *In* Stehr, FW. ed. *Immature Insects*. Iowa, US, Kendall/Hunt Publishing Company. v. 1, p. 132-139.
- Wilcken, CF; Berti-Filho, E. 1998. Damage and Control of Subterranean Termites in *Eucalyptus* forest Plantations in Brazil. (en línea). Disponible en http://iufro.boku.ac.at/iufro/iufronet/d7/wu70303/puertoric o/poster_abstracts.html

Diversidad de especies de hormigas en un gradiente de cafetales orgánicos y convencionales

Nadiejda Barbera¹
Luko Hilje²
Paul Hanson³
John T. Longino⁴
Manuel Carballo²
Elías de Melo²

RESUMEN. Se caracterizó la diversidad de especies hormigas presentes en un gradiente de seis sistemas agroforestales de café, desde totalmente orgánicos hasta totalmente convencionales. Hubo contrastes marcados entre los sistemas en cuanto a la composición, riqueza y diversidad de hormigas, alcanzándose los mayores valores en el sistema totalmente orgánico. No obstante, tales diferencias se explican más por la edad de los cafetales y su complejidad estructural que por su tipo de manejo (orgánico o convencional). Asimismo, tanto la riqueza como la diversidad de especies de hormigas fueron mayores en el suelo y en los árboles de poró (*Erythrina poeppigiana*) que en los arbustos de café. *Solenopsis geminata* fue la especie dominante en todos los sistemas, con excepción del sistema totalmente orgánico, donde dominó *Pheidole radoszkowskii*.

Palabras clave: agricultura orgánica, Costa Rica, *Erythrina poeppigiana*, índices de diversidad, *Pheidole radoszkowskii*, *Solenopsis geminata*.

ABSTRACT. Ant species diversity in a gradient of organic and conventional coffee systems. Ant species diversity was studied along a gradient of six agroforestry coffee systems, ranging from fully organic to fully conventional. There were clear contrasts between systems in terms of species composition, richness and diversity, with the highest values attained in the fully organic system. However, such differences were due to the age and structural complexity of the systems, rather than to the type of management (organic or conventional). Also, both ant species richness and diversity were higher in the soil and on poró (*Erythrina poeppigiana*) trees than on the coffee shrubs. *Solenopsis geminata* was the dominant ant species in all systems, excepting the fully organic one, where *Pheidole radoszkowskii* dominated.

Key words: Costa Rica, diversity indexes, *Erythrina poeppigiana*, organic agriculture, *Pheidole radoszkowskii*, *Solenopsis geminata*.

Introducción

Históricamente, el café (*Coffea arabica* L.) ha tenido un papel clave en la economía y el desarrollo social en Mesoamérica. Desde sus orígenes en esta región, se ha sembrado acompañado por árboles de sombra, los cuales cumplen varias funciones agronómicas y económicas importantes (Beer *et al.* 1998). No obstante, en los últimos decenios se han introducido nuevas variedades que se siembran en monocultivos sin dichos árboles, sustituyendo el cultivo tradicional agroforestal, aunque también en años recientes se ha dado im-

pulso a nuevos métodos de producción, como el café orgánico (Rice y Ward 1996).

La producción de café orgánico aporta beneficios económicos importantes para los caficultores, como resultado de su venta a precios preferenciales entre cierto tipo de consumidores de los países desarrollados, lo cual obedece, en parte, al mantenimiento de los árboles de sombra en dichos sistemas (Rice y Ward 1996). Recientemente se ha documentado que los árboles, además de sus funciones agronómicas y productivas

¹ Apdo. Postal 7461, Falcón- 4101. Venezuela. nbarbera@catie.ac.cr

² Departamento de Agricultura y Agroforestería, CATIE, Turrialba, Costa Rica. lukohilje@catie.ac.cr, mcarball@catie.ac.cr, eliasdemel@catie.ac.cr

³ Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, Costa Rica. cgodoy@inbio.ac.cr

⁴ The Evergreen State College, Olympia, Washington, EUA.

(fuente de madera o frutas), contribuyen con algunas funciones menos evidentes, como la de actuar como refugio temporal para aves migratorias durante el invierno en el hemisferio norte (Perfecto *et al.* 1996), así como de hábitats permanentes para insectos.

Varios grupos de insectos pueden alcanzar altos niveles de diversidad en plantaciones de café con sombra, incluyendo representantes del orden Hymenoptera (Perfecto y Snelling 1995, Perfecto *et al.* 1996, 1997). Entre este orden sobresalen las hormigas, que son un grupo muy diverso en hábitos alimentarios, lo cual les permite contribuir en procesos claves de los ecosistemas, tales como el mejoramiento del suelo, la circulación de nutrimentos y la regulación de las poblaciones de insectos herbívoros (Way y Khoo 1992). Este último proceso ocurre gracias al hábito depredador de algunas especies, las cuales no solamente son generalistas, sino que comúnmente incluyen otros rubros en su dieta (Longino y Hanson 1995). Aunque se supone que las hormigas no son eficientes como agentes de control biológico de plagas, algunas evidencias demuestran que pueden serlo (Way y Khoo 1992, Perfecto y Castiñeiras 1998).

En términos prácticos, es necesario conocer la funcionalidad de las hormigas en los agroecosistemas cafetaleros y, especialmente, de las especies que podrían actuar como agentes de control biológico, para así establecer recomendaciones acerca de su conservación o su incremento. En realidad, se desconoce si otros métodos orgánicos, además del uso de la sombra, podrían favorecerlas.

Por lo tanto, en el presente estudio se intentó caracterizar la diversidad de hormigas presentes en sistemas agroforestales contrastantes de café, incluyendo sistemas orgánicos, como fundamento para mejorar la conservación y aprovechamiento de las especies depredadoras en programas de manejo integrado de plagas (MIP). Se partió de la hipótesis de que la intensificación de las prácticas de manejo en la producción de café causa una reducción de la composición y diversidad de las especies de hormigas.

Materiales y métodos

Localización

El estudio se realizó entre febrero y setiembre de 2001, en fincas de café localizadas en los predios del CATIE, en Turrialba, Costa Rica. El CATIE está en la vertiente del Caribe, a 9°52'N, 83°38'O y 590 msnm. Los valores anuales promedio de precipitación, tem-

peratura y humedad relativa son 2479 mm, 21,7 °C y 87%, respectivamente. Aunque no existe estacionalidad marcada en la precipitación, esta disminuye entre enero y abril y se incrementa en junio, julio, noviembre y diciembre.

Tratamientos

La investigación se efectuó en tres fincas de café, las cuales contenían sistemas de producción representativos de un espectro que abarcaba desde un sistema totalmente orgánico hasta uno comercial, denominados así: totalmente orgánico (TO), levemente orgánico (LO), medianamente orgánico (MO), medianamente convencional (MC), convencional (CN) y comercial (CM).

El primer sistema (totalmente orgánico, TO) estaba representado por una parcela de café (cv. Caturra) de 4 ha, de siete años de edad, ubicada dentro del campus del CATIE (Fig. 1A). Además del café, contenía árboles de poró (*Erythrina poeppigiana*, Fabaceae), los cuales fijan nitrógeno y aportan sombra, y algunos de laurel (*Cordia alliodora*). En dicha parcela se hicieron aplicaciones de broza descompuesta (2 kg/planta) en agosto, y en enero-febrero se realizó la descumbra de los árboles de poró y la poda de los cafetos; el control de malezas se efectuó manualmente, debido a sus bajas poblaciones.

Los sistemas LO, MO, MC y CN estaban dentro de la Estación Experimental La Montaña (sector Bonilla 2), en una finca o parcela experimental (cv. Caturra) de 9 ha, subdividida en tres bloques, cada uno con siete tipos de tratamientos (sistemas), incluyendo combinaciones de diferentes especies de árboles (de servicio, maderables o fijadores de nitrógeno), como poró, roble coral o amarillón (*Terminalia amazonia*, Combretaceae) y cashá (*Chloroleucon eurycyclum*, Mimosaceae) con varios niveles de insumos (convencionales y orgánicos). Dicha parcela experimental (Fig. 1B) fue establecida en octubre de 2000, como parte de las actividades del Programa Regional MIP/AF del CATIE (Haggar *et al.* 2000). Todos los sistemas contenían árboles de poró, pero difirieron en los niveles de insumos.

Esta parcela tenía cuatro meses de haber sido establecida cuando se iniciaron los muestreos, y su edad en el momento de este estudio era de un año. Anteriormente, el terreno estuvo plantado con caña de azúcar, y se mantiene rodeado por plantaciones de este cultivo. Los árboles de poró estuvieron representa-

dos por estacas en desarrollo, con tallos delgados (15-20 cm de diámetro), con un máximo de 1,2 m de altura y muy poco follaje inicialmente, el cual se desarrolló profusamente en los meses subsiguientes.

El último sistema (comercial, CM) correspondió a una finca bajo producción comercial (cv. Costa Rica 95, de porte ligeramente mayor que el de uno de sus progenitores, el cv. Caturra) de 7 ha, de cinco años de edad, también dentro de la Estación Experimental La Montaña (Fig. 1C), donde existen árboles de poró. El manejo consistió en la descumbra de estos y la poda de los cafetos durante enero-febrero. Además, se hicieron tres fertilizaciones al suelo y dos aplicaciones foliares, que dependieron de los análisis de suelos. El desmalezado se realizó en enero-febrero y abril-mayo, con herbicida, y en setiembre se aplicó una combinación de tres herbicidas.

Las tres fincas estaban ubicadas en un radio de 1300 m, con distancias de 1 km entre el sector Bonilla y los sistemas comercial (CM) y de café totalmente orgánico (TO), respectivamente, y de 300 m entre el CM y el TO.

Muestreos

Las hormigas se muestrearon mediante trampas (cebo atrayente) en cada uno de los seis sistemas (tratamientos), quincenalmente, durante siete meses (desde mediados de febrero hasta mediados de setiembre). La trampa consistió en un cuadrado de cartón absor-

bente (28 cm²), que se sumergía desde la víspera en una solución de atún en aceite vegetal (Fig. 2).

Para homologar la situación de las fincas TO y CM con los tres bloques del sector Bonilla 2, estas se subdividieron en tres zonas amplias y bien diferenciadas ("bloques"). Dentro de cada una de ellas (al igual que en cada sistema en el sector Bonilla), se eligieron cinco sitios de muestreo, aleatoriamente. En cada uno, y para cada fecha de muestreo, se colocaron trampas en los tres microhábitats (un arbusto de café, un árbol de poró y el suelo de la parcela). Las trampas se adhirieron al arbusto de café o poró con una tachuela (aproximadamente a 30 cm del suelo) o se colocaron sobre el suelo, durante 30 min. Por lo tanto, para cada fecha se contó con 270 muestras, subdivididas en 45 por cada sistema, correspondientes a cinco muestras de cada microhábitat (café, poró y suelo) dentro de cada zona o bloque de la finca.

Las muestras se depositaron individualmente en bolsas plásticas y se trasladaron al laboratorio, donde se colocaron en una refrigeradora para inmovilizar las hormigas. Posteriormente se transfirieron a frascos con alcohol al 70%, y luego se clasificaron los especímenes por morfoespecie. Se identificaron inicialmente mediante una clave pictórica disponible en internet (http://www.evergreen.edu/user/serv_res/research/arthropod/AntsofCostaRica.html) y después fueron revisadas por el autor de ésta, el Dr. John T. Longino.



Figura 1. Aspecto general de tres de los sistemas de producción de café estudiados en esta investigación: totalmente orgánico (TO) (A), convencional (CN) (B) y comercial (CM) (C). CATIE, Turrialba, Costa Rica. 2001.



Figura 2. Trampa (cebo atrayente) utilizada para capturar las hormigas.

Análisis

Se mantuvieron separados los recuentos en cada tratamiento para contabilizar el número de individuos por morfoespecie, el cual fue necesario para calcular los índices pertinentes. Para comparar la composición de especies de cada sistema y componente dentro de cada sistema agroforestal, se graficó la curva de abundancia de especies, y se calcularon los índices de diversidad y equidad (Shannon-Wiener), así como de similitud (Jaccard) (Krebs 1989).

Además, como un criterio complementario de los índices para comparar la composición de especies de hormigas entre sistemas y hábitats, se efectuó un aná-

lisis de conglomerados (Krebs 1989) basado en el índice de similitud de Jaccard. Esto se hizo según el método de correlación (R^2) semi-parcial, el cual es una medida de distancia binaria (ausencia o presencia) que considera la correlación entre cada par de variables, mientras mantiene constante el valor de cada una (Zar 1996). Aporta un ámbito de valores entre 0 (mayor similitud) y 1 (mayor diferencia).

Resultados

Composición de especies por sistema

Durante los siete meses de muestreo se capturaron 244215 individuos en los seis sistemas estudiados, pertenecientes a 19 especies, 16 géneros y cuatro subfamilias (Cuadro 1). Las cinco especies más abundantes, presentes en todos los sistemas, fueron: *Solenopsis geminata*, *Pheidole radoszkowskii*, *Pheidole cocciphaga*, *Wasmannia auropunctata* (Myrmicinae) y *Tapinoma paratrachina* (Dolichoderinae).

En todos los sistemas, la subfamilia más abundante fue Myrmicinae, representada por 242419 individuos (99%), pertenecientes a 10 especies, entre las cuales predominó *S. geminata*, con 89% del total de individuos capturados en todos los sistemas. La segunda subfamilia fue Dolichoderinae (1395 individuos y tres especies), seguida por Formicinae (353 individuos y dos especies) y Ponerinae (50 individuos y cuatro especies).

Cuadro 1. Número total de especies, subfamilias e individuos de hormigas para los seis sistemas de café estudiados. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 2001.

Especie	Subfamilia	Frecuencia	%
<i>Solenopsis geminata</i>	Myrmicinae	216564	88,68
<i>Pheidole radoszkowskii</i>	Myrmicinae	16024	6,56
<i>Pheidole cocciphaga</i>	Myrmicinae	7462	3,06
<i>Tapinoma paratrachina</i>	Dolichoderinae	1337	0,55
<i>Wasmannia auropunctata</i>	Myrmicinae	1135	0,46
<i>Solenopsis picea</i>	Myrmicinae	653	0,27
<i>Monomorium floricola</i>	Myrmicinae	345	0,14
<i>Brachymyrmex</i> sp.	Formicinae	260	0,11
<i>Rogeria tonduzi</i>	Myrmicinae	149	0,06
<i>Camponotus novogranadensis</i>	Formicinae	93	0,04
<i>Pheidole simonsi</i>	Myrmicinae	76	0,03
<i>Azteca</i> sp.	Dolichoderinae	35	0,01
<i>Forelius</i> sp.	Dolichoderinae	23	0,01
<i>Odontomachus chelifer</i>	Ponerinae	21	0,01
<i>Gnamptogenis striatula</i>	Ponerinae	18	0,01
<i>Cardiocondyla</i> sp.	Myrmicinae	7	0
<i>Ectatomma gibbum</i>	Ponerinae	7	0
<i>Pachycondyla obscuricornis</i>	Ponerinae	4	0
<i>Crematogaster curvispinosus</i>	Myrmicinae	2	0
Total		244215	100

Los porcentajes indicados como cero (0) corresponden a valores inferiores a 0,01%.

En cuanto a la abundancia relativa de las especies para cada sistema, en todos los casos se obtuvieron curvas de abundancia de especies con tendencias análogas, con forma de J invertida (Fig. 3), las cuales indican que no todas las especies de hormigas fueron igualmente abundantes, sino que unas pocas especies fueron muy abundantes, otras ocuparon una posición intermedia, y la mayoría estuvo representada por pocos individuos.

S. geminata fue la especie dominante en todos los sistemas, alcanzando valores de 86-96% del total de individuos, dependiendo del sistema (Cuadro 3); la única excepción fue el sistema TO, donde ocupó el segundo lugar, con apenas 16%. Los valores iguales o superiores al 90% se registraron para los cuatro sistemas ubicados en la parcela experimental (LO, MO, MC y CN). En estos, sus números fueron mayores en los sistemas convencionales (MC y CN) que en los sistemas orgánicos (LO y MO).

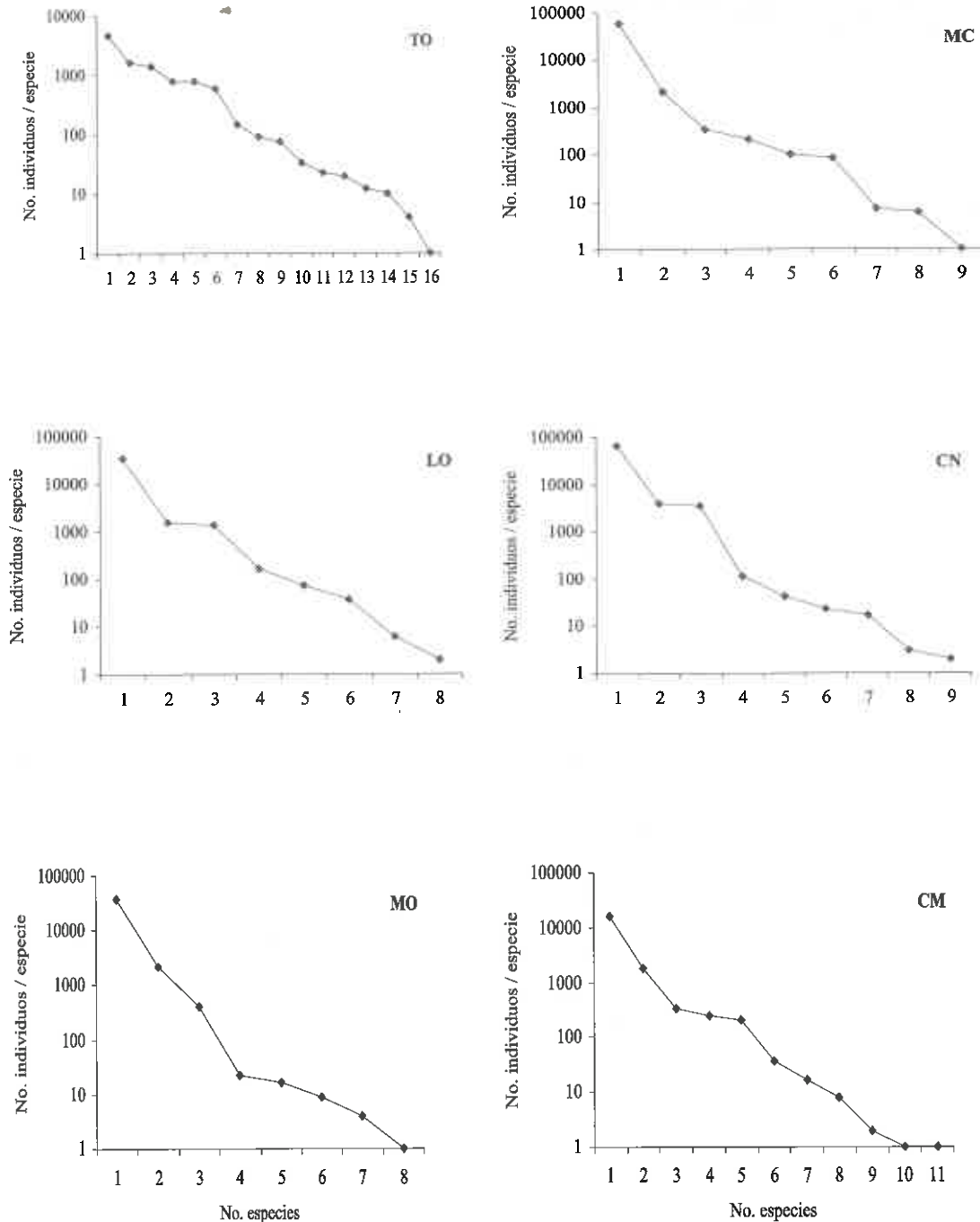


Figura 3. Curvas de abundancia de especies para el total de especies de hormigas en los sistemas de café totalmente orgánico (TO), levemente orgánico (LO), medianamente orgánico (MO), medianamente convencional (MC), convencional (CN) y comercial (CM). CATIE, Turrialba. Costa Rica. 2001.

P. radoszkowskii fue la segunda especie predominante en todos los sistemas, aunque en general sus valores fueron bajos, de apenas 3-10% del total de individuos, dependiendo del sistema (Cuadro 2). Sin embargo, en el sistema TO alcanzó el 46%, e incluso superó a *S. geminata*. Para los cuatro sistemas ubicados en la parcela experimental, los valores fueron de apenas 3-5%, y no hubo un contraste claro entre los sistemas convencionales y los orgánicos; sus números fueron más parecidos entre los sistemas MO y MC que entre LO y CN.

P. cocciphaga, la tercera especie predominante en todos los sistemas, en general mostró valores muy ba-

jos, de apenas 1-5% del total de individuos (Cuadro 2), pero en el sistema TO alcanzó el 13%, cercano al de *S. geminata* (16%). Para los cuatro sistemas ubicados en la parcela experimental tampoco hubo un contraste claro entre los sistemas convencionales y los orgánicos; sus números fueron más parecidos entre los sistemas MO y MC que entre LO y CN.

T. paratrachina fue la cuarta especie en importancia, aunque representó solamente el 0,55% del total de individuos capturados en todos los sistemas. Sus valores fueron sumamente bajos, menores de 1% en todos los sistemas, exceptuando el TO (Cuadro 2), donde alcanzó el 8%. Asimismo, *W. auropunctata*, la

Cuadro 2. Números absolutos y porcentuales de individuos de las cinco especies de hormigas más abundantes en los diferentes hábitats de seis sistemas de producción de café en el CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Sistema de producción y hábitat ^(a)	Especie									
	<i>S. geminata</i>		<i>P. radoszkowskii</i>		<i>P. cocciphaga</i>		<i>T. paratrachina</i>		<i>W. auropunctata</i>	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
TO										
C	306	8	2808	75	103	3	62	2	306	8
P	757	20	1443	38	335	9	110	3	453	12
S	561	20	490	17	958	34	607	22	42	1
Total	1624		4741		1396		779		801	
LO										
C	2981	99	22	1	2	0	2	0	0	0
P	10057	82	853	7	1155	9	144	1	0	0
S	21197	96	477	2	414	2	19	0	2	0
Total	34235		1352		1571		165		2	
MO										
C	2950	96	122	4	0	0	0	0	0	0
P	14144	90	1443	9	148	1	14	0	0	0
S	19747	96	541	3	265	1	8	0	4	0
Total	36841		2106		413		22		4	
MC										
C	6712	95	230	3	141	2	4	0	6	0
P	25222	93	1521	6	141	1	86	0	0	0
S	31022	98	427	1	66	0	12	0	0	0
Total	62956		2178		348		102		6	
CN										
C	8028	94	443	5	29	0	0	0	3	0
P	28878	91	1514	5	1148	4	8	0	0	0
S	27605	86	1877	6	2358	7	15	0	0	0
Total	64511		3834		3535		23		3	
CM										
C	5507	78	1079	15	29	0	206	3	241	3
P	4710	88	455	8	69	1	32	1	72	1
S	6180	94	279	4	101	2	8	0	6	0
Total	16397		1813		199		246		319	

^(a) Hábitats: C = café; P = poró; S = suelo. Sistemas: TO = totalmente orgánico; LO = levemente orgánico; MO = medianamente orgánico; MC = medianamente convencional; CN = convencional; CM = comercial.

Cuadro 3. Números de especies e individuos, e índices de diversidad (Shannon-Wiener) y equidad de especies de hormigas, para los seis sistemas de café estudiados. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 2001.

	Sistemas de café ⁽²⁾					
	TO	LO	MO	MC	CN	CM
No. especies	16	8	8	9	9	12
No. individuos	10 357	37 443	39 412	65 889	72 075	19 039
Índice de diversidad	1,68	0,38	0,28	0,22	0,42	0,55
Índice de equidad	0,60	0,18	0,13	0,10	0,19	0,22

⁽²⁾ Sistemas: TO = totalmente orgánico; LO = levemente orgánico; MO = medianamente orgánico; MC = medianamente convencional; CN = convencional; CM = comercial.

quinta especie en abundancia, representó solamente el 0,46% del total de individuos capturados, y sus valores fueron sumamente bajos, menores de 1% en todos los sistemas, exceptuando el TO y CM.

Las restantes 14 especies recolectadas aparecieron en muy bajas cantidades, que variaron entre dos y 653 individuos (Cuadro 1), por lo que de aquí en adelante se omiten de los análisis específicos referidos a ellas.

De ellas, solamente *Monomorium floricola* y *Brachymyrmex* sp. aparecieron en todos los sistemas, seguidas por *Solenopsis picea*, que lo hizo en TO, MC, CN y CM. Las demás aparecieron en uno o más sistemas. Las especies recolectadas en un solo sistema fueron *Forelius* sp. (TO), *Camponotus novogranadensis* (TO), *Pheidole simonsi* (TO), *Rogeria tonduzi* (TO), *Pachycondyla obscuricornis* (TO) y *Cardiocondyla* sp. (MC). Las que aparecieron en dos sistemas fueron *Azteca* sp. (TO y CM), *Odontomachus chelifer* (TO y CM), *Crematogaster curvispinosus* (TO y CM), *Gnamptogenys striatula* (CN y CM) y *Ectatomma gibbum* (LO y MO). Como se aprecia, casi todas (11) aparecieron en el sistema totalmente orgánico (TO), exceptuando a *G. striatula*, *Cardiocondyla* sp. y *E. gibbum*.

Composición de especies por hábitat

S. geminata fue muy abundante en los tres hábitats (café, suelo y poró), en todos los sistemas (Cuadro 2). Para los cuatro sistemas ubicados en la parcela experimental, sus cantidades fueron muy superiores en el suelo y los árboles de poró que en los arbustos de café. Por el contrario, en los sistemas TO y CM los números fueron más equitativos entre los tres hábitats. Los valores generales de abundancia de *S. geminata* según el hábitat (independientemente del sistema) variaron entre 8-99 (café), 20-93 (poró) y 20-98% (suelo).

Por su parte, *P. radoszkowskii* fue abundante en los tres hábitats, en todos los sistemas. Aunque fue

más abundante en el suelo y los árboles de poró que en el café, para los cuatro sistemas mencionados, sus números fueron más altos en el café para los sistemas CM y TO. Sus valores generales de abundancia según el hábitat variaron entre 0-31 (café), 1-34 (poró) y 1-29% (suelo).

P. cocciphaga mostró una tendencia particular en el sistema TO, pues estuvo presente en todos los hábitats y en mayor cantidad en el suelo con respecto al resto de los hábitats en los demás sistemas. En los demás sistemas tuvo una distribución dispar entre los diferentes hábitats, y predominó en el poró y el suelo. Sus valores generales de abundancia según el hábitat variaron entre 0-46 (café), 1-39 (poró) y 2-57% (suelo).

T. paratrachina tuvo una presencia similar a la especie anterior, y fue muy dispar en todos los hábitats de los diferentes sistemas, pero en el TO su proporción fue mayor. Sus valores generales de abundancia según el hábitat variaron entre 0-75 (café), 2-37 (poró) y 1-91% (suelo). Por último, *W. auropunctata* estuvo presente sobre todo en los sistemas TO y CM. Sus valores generales de abundancia según el hábitat variaron entre 0-43 (café), 0-86 (poró) y 0-78% (suelo).

Diversidad de especies

La mayor riqueza de especies se obtuvo en el sistema TO, seguido por los sistemas CM, CN, MC, LO y MO, respectivamente (Cuadro 3). Sin embargo, el número de individuos en cada sistema no coincidió con esta tendencia general. Su mayor cantidad se observó en el sistema CN, y fue menor en los sistemas que tuvieron más especies, como CM y TO.

El mayor índice de diversidad se obtuvo para el sistema TO, diferenciándose marcadamente del resto (Cuadro 3). Fue seguido por el sistema CM, el cual a su vez superó levemente al CN, LO, MO y MC. En cuanto a la equidad de especies (cantidad de individuos por especie), el índice respectivo aportó el mayor valor también para el sistema TO, contrastando mu-

cho con el resto de los sistemas. Fue seguido por el sistema CM, que superó levemente al CN y al LO, y un poco más al MO y MC. Es decir, se mantuvo la misma secuencia obtenida con el índice de diversidad.

Al considerar la diversidad de especies por hábitat, dentro de cada sistema, se observó que el 37% de las especies estuvieron representadas en el suelo, 36% en los árboles de poró y 27% en los arbustos de café. Para el índice de diversidad, en el sistema TO el poró ocupó el primer lugar, seguido por el suelo y el café (Cuadro 4). El valor obtenido para el poró fue el más alto de todos los hábitats en todos los sistemas, e incluso superó al índice de diversidad del sistema TO. Asimismo, en los cuatro sistemas ubicados en la parcela experimental, casi siempre la secuencia fue poró > suelo > café, excepto en CN, donde el suelo ocupó el primer lugar. Por el contrario, para el sistema CM fue el café el que ocupó el primer lugar, seguido por el poró y el suelo.

Cuadro 4. Índices de diversidad (Shannon-Wiener) para las especies de hormigas, según los hábitats en los seis sistemas de café estudiados. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 2001.

Sistemas ^(a)	Hábitats ^(b)		
	C	P	S
TO	0,98	1,76	1,62
LO	0,06	0,67	0,21
MO	0,17	0,37	0,20
MC	0,25	0,27	0,14
CN	0,24	0,37	0,50
CM	0,74	0,48	0,30

^(a) Sistemas: TO = totalmente orgánico; LO = levemente orgánico; MO = medianamente orgánico; MC = medianamente convencional; CN = convencional; CM = comercial.

^(b) Hábitats: C = café; P = poró; S = suelo.

Los mayores valores del índice de equidad de especies se obtuvieron para el poró y el suelo en TO (Cuadro 5) y fueron superiores a los de todos los hábitats en todos los sistemas, y también superaron al ín-

Cuadro 6. Índices de similitud (Jaccard) en la composición de especies de hormigas entre los seis sistemas de café estudiados. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 2001.

	Sistemas ^(a)					
	TO	LO	MO	MC	CN	CM
TO	—	0,41	0,41	0,47	0,47	0,65
LO		—	1,00	0,70	0,70	0,53
MO			—	0,70	0,70	0,53
MC				—	0,80	0,62
CN					—	0,75

^(a) Sistemas: TO = totalmente orgánico; LO = levemente orgánico; MO = medianamente orgánico; MC = Medianamente convencional; CN = convencional; CM = comercial.

Cuadro 5. Índices de equidad para las especies de hormigas, según los hábitats en los seis sistemas de café estudiados. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 2001.

Sistemas ^(a)	Hábitats ^(b)		
	C	P	S
TO	0,39	0,64	0,63
LO	0,34	0,10	0,24
MO	0,19	0,10	0,13
MC	0,15	0,07	0,15
CN	0,07	0,20	0,24
CM	0,35	0,23	0,13

^(a) Sistemas: TO = totalmente orgánico; LO = levemente orgánico; MO = medianamente orgánico; MC = medianamente convencional; CN = convencional; CM = comercial.

^(b) Hábitats: C = café; P = poró; S = suelo.

dice del sistema TO. En los demás hábitats y sistemas hubo bastante variabilidad; por ejemplo, en dos de los sistemas orgánicos (TO y LO) la secuencia fue poró > suelo > café, mientras que en los demás fue café > poró > suelo (MO y CM), poró > café > suelo (MC) y suelo > poró > café (CN).

Similitud de especies

El índice utilizado reveló que los sistemas más parecidos entre sí fueron los sistemas orgánicos LO y MO, y los convencionales MC y CN (Cuadro 6). Los sistemas más disímiles fueron el TO y los otros dos sistemas orgánicos (LO y MO).

Por su parte, los microhábitats más parecidos entre sí fueron poró-suelo y café-suelo en el sistema TO, seguidos por poró-suelo en los sistemas MO y CN (Cuadro 7). El análisis de conglomerados reveló la existencia de dos grandes grupos, claramente contrastantes, con una distancia de 0,42 (Fig. 4). Uno estuvo conformado por los sistemas TO y CM, y el otro con los cuatro sistemas presentes en la parcela experimental. Dentro del primer gran grupo, la composición de especies de hormigas en los tres microhábitats del sis-

tema TO guardó bastante cercanía (0,02) entre ellos. En conjunto, se distanciaron por un valor de 0,11 del valor de las especies en el sistema CM; sin embargo, de estos últimos, curiosamente el valor de especies en el microhábitat del suelo apareció dentro del segundo gran grupo.

Cuadro 7. Índices de similitud (Jaccard) para las especies de hormigas, entre pares de hábitats en cada uno de los seis sistemas de café estudiados. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 2001.

Sistemas ^(a)	Pares de hábitats ^(b)		
	C-P	C-S	P-S
TO	0,69	0,78	0,88
LO	0,71	0,71	0,00
MO	0,28	0,28	0,75
MC	0,71	0,63	0,63
CN	0,57	0,44	0,75
CM	0,60	0,55	0,55

^(a) Sistemas: TO = totalmente orgánico; LO = levemente orgánico; MO = medianamente orgánico; MC = medianamente convencional; CN = convencional; CM = comercial.

^(b) Hábitats: C = café; P = poró; S = suelo.

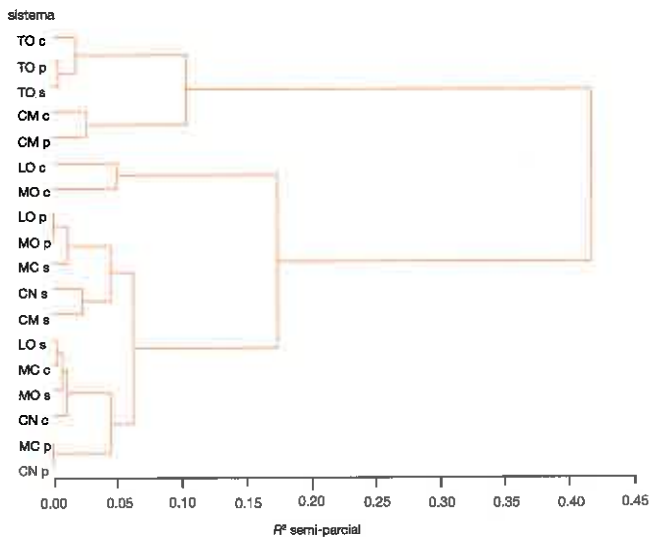


Figura 4. Dendrograma de similitud de especies de hormigas, utilizando el método de correlación (R^2) semi-parcial, por hábitats (café, suelo y poró), en los seis sistemas estudiados. CATIE, Turrialba. Costa Rica. 2001. **Sistemas:** TO = totalmente orgánico; LO = levemente orgánico; MO = medianamente orgánico; MC = medianamente convencional; CN = convencional; CM = comercial. **Hábitats:** C = café; S = suelo; P = poró.

Asimismo, dentro del segundo gran grupo se formaron dos subgrupos en cuanto a la composición de especies, distanciados por un valor de 0,17. Uno de ellos incluyó solamente el microhábitat de café en los sistemas leve (LO) y medianamente orgánico (MO),

que se distanciaron por un valor de 0,06. El otro subgrupo abarcó todos los demás sistemas y microhábitats, distanciados por un valor de 0,07, y a su vez se dividió en dos subgrupos más, el primero de los cuales comprendió microhábitats de solamente poró y suelo en varios sistemas, incluyendo el suelo en el sistema comercial (CM), ya discutido. Por su parte, el segundo sub-subgrupo fue más heterogéneo, ya que incluyó los tres microhábitats estudiados (café, poró y suelo), tanto en los sistemas orgánicos como en los convencionales.

Discusión

En la región de Turrialba no hay una estacionalidad marcada en la precipitación, ya que está en la vertiente del Caribe de Costa Rica. No obstante, el extenso muestreo realizado en este estudio, de siete meses, permitió recolectar un número representativo de especies de hormigas en los cafetales del CATIE, tanto en épocas secas como lluviosas.

Sin embargo, se detectó una menor riqueza de especies de hormigas que en otras zonas productoras de café en Costa Rica. En Heredia, ubicada en la vertiente del Pacífico, en el Valle Central del país, Perfecto y Snelling (1995) recolectaron 30 especies de hormigas en una plantación tradicional con sombra de *E. poeppigiana*, 27 especies en una plantación tradicional con *E. fusca* y cinco especies en una plantación moderadamente sombreada con *E. poeppigiana*. En cambio, en Turrialba hubo solamente 12 especies en el sistema TO, donde había sombra de *E. poeppigiana*, y cinco especies en los sistemas CN y LO. Estos hallazgos sugieren que la mayor precipitación anual en Turrialba (2479 mm, en comparación con los 2182 mm de Heredia) y la ausencia de estacionalidad afectan adversamente ciertas especies y, con ello, influye en la composición de las comunidades de hormigas, aunque otros factores (edáficos, estructura y manejo de las plantaciones, características del paisaje, etc.) podrían haber influido también.

Las tendencias en la abundancia relativa de las especies de hormigas en general fueron congruentes entre los sistemas estudiados y entre los microhábitats dentro de cada sistema, y coincidieron con las que se observan en las comunidades naturales (Krebs 1978, 1989, Magurran 1989), así como en otros insectos presentes en los cafetales (Rojas *et al.* 2001). Es decir, unas pocas especies de hormigas fueron muy abundantes, algunas ocuparon una posición intermedia, y la mayoría estuvo representada por pocos individuos.

Puesto que en las comunidades naturales las especies dominantes se reconocen por su mayor abundancia o biomasa (Krebs 1978, Magurran 1989), las hormigas ubicadas en el primer grupo se pueden considerar como dominantes dentro de la comunidad de hormigas en los cafetales estudiados. En este caso, es posible que lo sean porque aprovechen los recursos disponibles (microhábitats y nutrimentos) en cada sistema mejor que las demás especies, y esta ventaja competitiva les permite incrementar sus poblaciones más rápidamente.

Así, la especie claramente dominante fue *S. geminata*, que alcanzó el 89% de los individuos capturados durante todo el estudio. *P. radoszkowskii* y *P. cocciphaga* ocuparon la segunda y tercera posiciones en todo el estudio y coexistieron con *S. geminata* en los seis sistemas evaluados, por lo que se pueden considerar como especies co-dominantes, y especialmente *P. radoszkowskii*, que dominó en el sistema de café totalmente orgánico (TO).

El análisis global de las comunidades de hormigas asociadas con los diferentes sistemas estudiados reveló que los sistemas TO y CM presentaron la mayor riqueza y diversidad de especies. Esto podría obedecer a factores no estudiados (edáficos, estructura y composición de las plantaciones, manejo agronómico de los cafetales, vegetación circundante, etc.), pero el factor específico más evidente fue la mayor edad de ambos sistemas, de siete y cinco años, respectivamente, en contraste con los sistemas ubicados en la parcela experimental, menores de un año. Asimismo, el análisis de conglomerados reveló la existencia de esos dos grupos contrastantes en cuanto a similitud de especies. La mayor riqueza, equidad y diversidad de especies observadas en el sistema TO posiblemente se explica no tanto por su condición orgánica en sí, sino por su edad y su complejidad estructural. En dicho sistema había grandes árboles de poró, con anchos troncos cubiertos de abundantes líquenes y musgos, donde había hendiduras y hoyos que proporcionan microhábitats para las hormigas. Además, en el sotobosque había muchas plantas de malanga (*Colocasia* sp.) y china (*Impatiens balsamina*), y su composición florística era más o menos estable, nunca perturbada por la aplicación de herbicidas, como ocurrió en el CM.

Por otra parte, el hecho de que 11 de las 16 especies no dominantes aparecieran en dicho sistema y que cinco fueran exclusivas de él sugiere que la estructura y la composición florística del sotobosque aporta-

ron microclimas, microhábitats y recursos (sitios de anidación, cantidad y calidad de alimento vegetal y animal, etc.) para especies con distintos hábitos. Algunas especies predominan en el suelo y otras en la vegetación, donde se alimentan de material en descomposición, de azúcar presente en nectarios extraflorales o en la mielcilla de homópteros sésiles, o de huevos y larvas de insectos y de otros artrópodos (Longino y Hanson 1995).

También, al considerar los valores del índice para la diversidad de especies por microhábitat dentro de cada sistema, en el sistema TO el poró ocupó el primer lugar, y el valor obtenido para el poró en sí incluso superó al de todo el sistema TO. Esto podría obedecer a que, al segregarse los datos por microhábitat, quizás hubo una reducción en el contraste entre los números de individuos por especie; de hecho, para todos los sistemas, los valores de equidad aumentaron en el poró. Estos valores revelan que en el sistema CM la secuencia fue café > poró > suelo, mientras que para los cuatro sistemas en la parcela experimental la secuencia fue poró > suelo > café, excepto en el CN, donde el suelo ocupó el primer lugar. Esta relación se podría explicar en función de los recursos aportados por los componentes del hábitat, así como también por los hábitos de las diferentes especies encontradas. Ahora bien, aunque la dominancia de *S. geminata* fue incuestionable en cinco de los seis sistemas estudiados, en el sistema TO fue ampliamente superada por *P. radoszkowskii*, que alcanzó el 46% de los individuos en dicho sistema, seguida de cerca por *P. cocciphaga* (13%); ahí, *S. geminata* alcanzó apenas el 16%.

Los menores números de *S. geminata* en dicho sistema pueden explicarse con base en algunos de sus requerimientos ecológicos. Esta especie es poco común en sistemas tradicionales de café en Mesoamérica, con árboles de sombra (Perfecto 1994), y la parcela del sistema TO tenía árboles de sombra grandes de poró. Asimismo, el ambiente era muy húmedo y el suelo, de textura franca y oscuro, siempre estaba húmedo y cubierto por un mantillo denso, con un sotobosque de plantas herbáceas de hoja ancha y de algunas gramíneas. Esta parcela se manejó mediante podas intensivas de algunos cafetos (para mejorar la producción, debido a su abandono y deficiente manejo en años previos), y había desde arbustos de café de 1,2 m de altura hasta troncos de apenas 60 cm, pero con rebrotes y abundante follaje.

En el suelo de dicho sistema no se observaron nidos de *S. geminata*, pero fue común detectar a los individuos patrullando entre el musgo adherido a los porós. Es interesante que, a diferencia de los otros sistemas estudiados, ahí predominaron individuos más pequeños (2 mm), en contraste con los de la parcela experimental (4-5 mm) y el CM (5-6 mm). El significado de la presencia diferencial de estos morfos se desconoce, pero podría guardar relación con el papel secundario de *S. geminata* en la jerarquía de dominancia en el sistema TO.

S. geminata predominó fuertemente en los cuatro sistemas representados en la parcela experimental. Asimismo, dentro de esta parcela, sus números en los sistemas convencionales (mayores de 63000 individuos) fueron muy superiores y casi duplicaron a los de los sistemas orgánicos (de hasta 37000 individuos). Sus muy elevados números en la parcela experimental se explican porque *S. geminata* es más común en áreas abiertas, así como más abundante en monocultivos que en plantaciones algo o muy diversificadas (Perfecto 1994), o cuando los agroecosistemas comienzan a modernizarse y, con ello, se eliminan los árboles de sombra (Perfecto 1994); en la parcela se observaron castas con individuos mayores y soldados (hormigas con cabezas grandes y cuerpo engrosado). En términos funcionales, dicha parcela equivalió a una plantación sin sombra, pues tenía apenas cuatro meses cuando se iniciaron los muestreos.

Además, los nidos de *S. geminata* son muy grandes, y típicamente incluyen una extensa área del subsuelo (no mayor de 15 m), lo que les permite mantenerse activas a altas temperaturas (Perfecto 1994). En áreas abiertas, donde las gramíneas colonizan rápidamente, es común que algunas especies de áfidos presentes en sus raíces sean un recurso importante para *S. geminata* (Perfecto 1994).

En realidad, se considera que *S. geminata* es un competidor ineficiente, pues aunque sus individuos son muy móviles, su principal estrategia de alimentación es la protección y defensa de los recursos obtenidos (Perfecto 1994); por ejemplo, fue común observar en el sistema CM, y especialmente en la parcela experimental, cómo esta especie cubría con partículas de tierra parte del cebo colocado en el suelo, lo cual es evidencia de la protección del alimento. Dicha estrategia podría representar una desventaja competitiva cuando los individuos de otra especie remueven o

capturan una presa más rápidamente (Perfecto 1994).

Por el contrario, *P. radoszkowskii*, además de ser una eficiente reclutadora, tiene una mayor capacidad para localizar recursos que *S. geminata* (Perfecto 1994). Aunque, en contraste con las grandes y abundantes colonias de *S. geminata*, las de *P. radoszkowskii* son mucho más pequeñas, su capacidad de reclutamiento es mayor. Este es un mecanismo de comunicación que permite atraer miembros de la misma colonia a sitios donde su trabajo es necesario (Wilson 1971). Dicha especie aparece con frecuencia en hábitats abiertos, recién perturbados, y sus nidos generalmente se encuentran cerca de troncos muertos, en el suelo; además, sus trabajadoras se alimentan sobre la superficie del suelo y en la vegetación baja. Aunque en el presente estudio dicha especie se encontró en todos los hábitats de todos los sistemas evaluados, la abundancia de ramas gruesas sobre el suelo, resultantes de las fuertes podas al poró, en el sistema TO, proporcionó microhábitats favorables para esta especie. Por el contrario, en la parcela experimental no hubo podas, porque el poró era aún joven, y en el sistema CM, aunque hubo tres podas, las ramas eran delgadas (3-6 cm de diámetro) y estaban colocadas alrededor del tronco de los árboles.

En síntesis, hubo contrastes marcados entre los sistemas en cuanto a la composición, riqueza y diversidad de especies de hormigas, con los mayores valores en el sistema TO. No obstante, aunque los factores determinantes de estas diferencias no están lo suficientemente claros, pareciera que los más importantes fueron la edad de los cafetales y la complejidad estructural derivada de esto, no el tipo de manejo (orgánico o convencional).

S. geminata fue la especie dominante en todos los sistemas, con excepción del sistema TO, donde dominó *P. radoszkowskii*. Puesto que ambas pueden ser buenas depredadoras (John T. Longino, obs. pers.), estos hallazgos podrían ser importantes para valorar la posibilidad de aprovecharlas como agentes de control biológico de plagas como la broca del café. No obstante, la información al respecto es prácticamente nula, y está basada en referencias más bien anecdóticas, por lo que se deben efectuar estudios detallados, tanto de laboratorio como de campo, para determinar las preferencias alimentarias de dichas especies hacia plagas claves en sistemas agroforestales mesoamericanos.

Agradecimientos

Esta investigación se realizó como parte de la tesis de Mag. Sci. de la primera autora, en el CATIE. Se agradece a Sanford Eigenbrode (University of Idaho) sus consejos y apoyo; a Isis Pinto, Carlos Ramírez, Arturo Ramírez, Jorge Valverde, Claudio Arroyo, Judith Perla, Reinhold Muschler y Manuel Gómez, su apoyo logístico; a Christoph Kleinn y Gustavo López su colaboración en aspectos estadísticos.

Literatura citada

- Beer, J; Muschler, R; Kass, D; Somarriba, E. 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems* 38: 139-164.
- Haggar, J; De Melo, E; Staver, C. 2000. Sostenibilidad y sinergismo en café agroforestal: un estudio de interacciones entre las plagas, la fertilidad del suelo y el estrato árbol. CATIE, Programa Regional MIP/AF. 12 p. (Mimeografiado).
- Krebs, CJ. 1978. *Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance*. 2 ed. New York, US, Harper & Row. 678 p.
- _____. 1989. *Ecological methodology*. Nueva York, US, Harper & Row. 654 p.
- Longino, JT; Hanson, PE. 1995. The ants (Formicidae). In Hanson, PE; Gauld, ID. eds. *The Hymenoptera of Costa Rica*. Nueva York, US, Oxford University Press and The Natural History Museum. 893 p.
- Magurran, AE. 1989. *Diversity and its measurement*. Londres, UK, Croon Helm. 179 p.
- Perfecto, I. 1994. Foraging behavior as a determinant of asymmetric competitive interaction between two ant species in a tropical agroecosystem. *Oecologia* 98: 184-192.
- _____; Snelling, R. 1995. Biodiversity and the transformation of a tropical agroecosystem: Ants in coffee plantations. *Ecological Applications* 5(4): 1084-1097.
- _____; Rice, RA; Greenberg, R; Van der Voort, M. 1996. Shade coffee: A disappearing refuge for biodiversity. *BioScience* 46(8): 598-608.
- _____; Vandermeer, J; Hanson, P; Cartín, V. 1997. Arthropod biodiversity loss and the transformation of a tropical agroecosystem. *Biodiversity and Conservation* 6: 935-945.
- _____; Castiñeiras, A. 1998. Development of the predaceous ants and their conservation in agroecosystems. In Barbosa, P. ed. *Conservation biological control*. Nueva York, US, Academic Press. 396 p.
- Rice, R; Ward, J. 1996. *Coffee, conservation, and commerce in the Western Hemisphere*. Washington DC, US, Smithsonian Migratory Bird Center. 47 p.
- Rojas, L; Godoy, C; Hanson, P; Kleinn, C; Hilje, L. 2001. Hopper (Homoptera: Auchenorrhyncha) diversity in shaded coffee systems of Turrialba, Costa Rica. *Agroforestry Systems* 53(2): 171-177.
- Way, MJ; Khoo, KC. 1992. Role of ants in pest management. *Annual Review of Entomology* 37: 479-503.
- Zar, JH. 1996. *Biostatistical analysis*. 3 ed. New Jersey, US, Prentice-Hall. p. 317-315.
- Wilson, EO. 1971. *The insect societies*. Cambridge, US, The Belknap Press of Harvard University Press. 548 p.

Tecnología agrícola y conservación biológica en El Petén, Guatemala

Bruce G. Ferguson¹
Daniel M. Griffith²

RESUMEN. Los estudios ecológicos demuestran que los sistemas agroforestales y los barbechos de la roza, tumba y quema sirven como hábitats para la vida silvestre, como corredores entre parches de bosque y como escudos contra los efectos de borde, tales como temperaturas extremas, desecación e incendios. Además, los bosques se recuperan mucho más rápidamente después de la agricultura migratoria que tras la ganadería o los monocultivos de altos insumos. Sin embargo, los agricultores migratorios son percibidos como la amenaza principal contra la Reserva de la Biosfera Maya. En un afán por mejorar las condiciones de vida de los pequeños agricultores y a la vez proteger los bosques, algunos grupos conservacionistas están promoviendo prácticas que permitan a los agricultores producir más alimentos e ingresos con menos área cultivada.

Desde el punto de vista agroecológico, existen dos estrategias de intensificación fundamentalmente distintas según el manejo de la complejidad biológica y estructural: las medidas de intensificación, que minimizan la diversidad y eliminan el barbecho para maximizar la producción de unos pocos cultivos anuales, producirán en el largo plazo campos baldíos de poco valor ecológico y económico; la intensificación mediante sistemas de alta diversidad estructural y taxonómica (como la agroforestería y la agricultura migratoria) promoverá la sostenibilidad agrícola y el bienestar de los agricultores, además de la conservación.

Palabras clave: agricultura migratoria, agricultura sostenible, agroforestería, intensificación agrícola, sucesión ecológica.

ABSTRACT. Agricultural technology and biological conservation in Petén, Guatemala. Ecologists have demonstrated that agroforestry systems and shifting agriculture fallows serve as wildlife habitat, corridors between forest patches, and shields against edge effects such as extreme temperatures, desiccation, and fires. Furthermore, forests recover much more rapidly following shifting agriculture than following pasture or high-input monocultures. Nonetheless, shifting cultivators are perceived as the principal threat to the Maya Biosphere Reserve. In an attempt to improve living conditions for small farmers and protect forests, some conservation groups have promoted practices intended to enhance food production and household income in less area.

From an agroecological perspective, these intensification measures derive from two strategies that differ fundamentally in their management of biological and structural complexity. Intensification measures that minimize diversity and eliminate fallows to maximize production of annual crops will, in the long run, produce wastelands of minimal ecological or economic value. In contrast, intensification through systems of high structural and taxonomic complexity (e.g. agroforestry, shifting cultivation) will promote agricultural sustainability, farmer well-being, and conservation.

Key words: Agricultural intensification, agroforestry, ecological succession, shifting agriculture, sustainable agriculture.

Introducción

En muchos contextos, la producción agropecuaria y la conservación son percibidas como actividades distintas y conflictivas. Sin embargo, la agroecología deja cada vez más claro que nuestros cultivos y ganado de-

penden de una red compleja y diversa de organismos que viven en los campos agrícolas y los paisajes que los rodean (Carroll *et al.* 1990, Collins y Qualset 1999, Vandermeer 2003). A la vez, la crisis en el modelo con-

¹ Departamento de Agroecología. El Colegio de la Frontera Sur. Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n. San Cristóbal de Las Casas. Chiapas, C.P. 29290. México. bferguson@scl.ecosur.mx

² Department of Ecology and Evolutionary Biology. University of Michigan. Ann Arbor, MI 48109. EUA. dgriffit@umich.edu

vencional de conservación, donde la salud de un ecosistema se concibe como la ausencia de influencia humana (ej. Newmark 1996, Western *et al.* 1998, Haenn 1999), ha llevado a muchos a cuestionar el valor de este modelo. En su lugar, surge una perspectiva que reconoce el papel clave de los agroecosistemas y otros ecosistemas manejados como hábitat y corredores para la vida silvestre (Moguel y Toledo 1999, Schroth *et al.* 2003). Estos cambios de perspectiva abren la puerta a nuevas alianzas entre productores, agroecólogos y conservacionistas, con el potencial de contribuir en gran medida a la agenda regional de desarrollo sostenible. Aquí, se examinan estrategias de conservación en El Petén, Guatemala, para identificar oportunidades de conservación en los agropaisajes.

La retórica conservacionista convencional atribuye buena parte de la culpa de la deforestación de la Selva Maya a los agricultores migratorios, quienes practican la agricultura de roza, tumba y quema (RTQ; Schwartz 1995). Los conservacionistas³ han invertido mucho esfuerzo en excluir a los agricultores de las áreas protegidas y, en segundo lugar, a persuadirlos a adoptar prácticas que producen mayor rendimiento y/o ingreso en menos tierra (ej. Whitacre 1998), es decir, intensificar la producción. Si, como asume esta estrategia, las tierras agropecuarias tienen poco o ningún valor para la conservación, la intensificación agrícola podría ser una herramienta eficaz de conservación.

Argumentamos, sin embargo, que la estrategia de intensificación, tal y como se ha implementado en El Petén durante la década pasada y en muchos contextos más (por ejemplo, De Jong 1997, Angelsen y Kaimowitz 2001), se equivoca al no distinguir entre los efectos que las distintas modalidades agrícolas tienen sobre la diversidad biológica y sobre los procesos que mantienen y amenazan esta diversidad. Como resultado, algunas de las formas en las cuales se ha intensificado la agricultura pueden dañar más que ayudar a los agricultores y los bosques.

Este artículo explora las contribuciones de los agroecosistemas a la conservación y reformula la estrategia de intensificación, con base en la literatura ecológica.

La agricultura petenera

A lo largo de la época colonial y hasta mediados del siglo XX, la agricultura petenera fue dominada por la

RTQ tradicional (con alta diversidad de productos y un barbecho prolongado) y la agroforestería (Atran *et al.* 1999, Palma 2000). Todavía se practican ambas estrategias, pero la segunda se limita, en su mayor parte, a huertos familiares para la subsistencia (Shriar 2001). Desde los años 60, inmigrantes que huyen de la violencia y la pobreza del sur de Guatemala han provocado la expansión de la frontera agrícola y cambios en el uso del suelo (Schwartz 1995, Soza Manzanero 1996, Sundberg 1998). Al practicar la RTQ, los inmigrantes suelen dejar períodos más cortos de barbecho, sembrar menos especies de cultivos y quemar con menos fineza que los peteneros nativos (Soza Manzanero 1996, Atran *et al.* 1999, Schwartz 2000). No obstante, sus milpas, al igual que las tradicionales, son pequeñas parcelas trabajadas a mano, generalmente ubicadas en una matriz de barbechos y bosque secundario.

Por otro lado, dos modelos productivos importados desde las zonas templadas —la ganadería extensiva y los monocultivos de altos insumos externos— se han extendido por el paisaje petenero. El proceso de “ganaderización” en las áreas tropicales de América Latina ha sido ampliamente señalado por su asociación estrecha con la deforestación y los graves efectos ambientales, sociales y económicos que lo acompaña (Uhl *et al.* 1989, Villafuerte *et al.* 1997). De la superficie territorial del Petén (de la cual 45% se encuentra dentro de alguna de las reservas ecológicas), un 26,3% está en fincas y, de esta área, 27,9% está dedicada a pastos (INE 2004). Mucha de la mejor tierra ha sido incorporada en las grandes fincas ganaderas (Schwartz 1995, Sundberg 1998). Además, por una variedad de razones (de las cuales la estabilidad de ingresos es quizás la más importante), la ambición de muchos pequeños productores es convertirse en ganaderos (Kaimowitz 1994, Schelhas 1996, Soza Manzanero 1996). Los potreros activos y abandonados ocupan una fracción importante de la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera Maya (RBM) y, en menor grado, de la reserva en sí (Kaimowitz 1994, Katz 1995, Schwartz 1995, Szott *et al.* 2000). Actualmente, hay aproximadamente un millón de cabezas de ganado en El Petén (Szott *et al.* 2000), más o menos el doble de la población humana. En comparación, aunque tienden a la expansión, los monocultivos de altos insumos con arado mecánico ocupan poco espacio y suelen ser restringidos a los terrenos inundables (Shriar 2001).

³ Un conjunto diverso de ONG, financiadas en gran parte por el proyecto MAYAREMA de USAID, implementaba (y en cierta medida sigue implementando) la política conservacionista en torno a la Reserva de la Biosfera Maya durante los 90 (Sundberg 1998, Elías Gramajo 2000).

Los cultivos producidos de esta manera en El Petén incluyen maíz, frijol (*Phaseolus* spp.), ajonjolí (*Sesamum orientale*), maní (*Arachis hypogaea*), chiles (*Capsicum* spp.) y cucurbitáceas.

La biodiversidad dentro, alrededor y después de los agroecosistemas tropicales

La variación en las prácticas agrícolas arriba descrita influye en la biodiversidad a través de varios mecanismos, los cuales se pueden clasificar según su escala de influencia espacial (nivel de campo frente a nivel de paisaje) y temporal (efectos que influyen únicamente durante el cultivo y los que persisten aun después de que termine la actividad agropecuaria). El Cuadro 1 resume algunas de las características de estas cuatro clases de agroecosistemas que influyen sobre la conservación de la biodiversidad en ambas dimensiones.

La biodiversidad dentro de los agroecosistemas

Se ha estado acumulando evidencia de que la agroforestería y la RTQ pueden ser hábitats clave para la vida silvestre. Por ejemplo, los cafetales mesoamericanos con sombra son importantes para las aves migratorias (Perfecto *et al.* 1996, Greenberg *et al.*

1997), hormigas (Armbrecht y Perfecto 2003) y mariposas (Mas y Dietsch 2003). De manera parecida, Medellín y Equihua (1998) no encontraron diferencia en la riqueza de especies de mamíferos entre bosque maduro y barbechos de seis años de edad en la Selva Lacandona, Chiapas. Sus datos incluso sugieren que la perturbación de pequeña escala que produce la agricultura migratoria aumenta la diversidad de mamíferos en el paisaje. Similarmente, en su estudio de comunidades vegetales amazónicas, Fujisaka *et al.* (1998) encontraron que durante la cultivación los sistemas RTQ conservan 17-28% de las especies de árboles encontradas en los bosques, y sus barbechos 31-45%. En cambio, en los pastizales se encuentra únicamente el 9% de las especies arbóreas del bosque. Estrada *et al.* (1993) reportaron resultados parecidos para aves y mamíferos en un paisaje mexicano. La mayoría de las especies de aves y murciélagos presentes en la selva tropical madura también frecuentaron los sistemas agroforestales, aunque la mayoría de mamíferos no voladores no lo hicieron. Los pastizales abrigaron muchas menos especies que los sistemas agroforestales o los bosques para aves, mamíferos no voladores y murciélagos.

Cuadro 1. Características de las estrategias agrícolas que influyen sobre la conservación de la biodiversidad y la sucesión ecológica (los datos sin citas están basados en observaciones de los autores).

Actividad	Duración de la actividad	Área (ha)	Riqueza planificada de especies vegetales	Diversidad estructural	Efecto sobre régimen de fuego	Labranza del suelo	Uso de agroquímicos
Roza, tumba y quema							
Cultivo	Breve: 2-4 años (Montagnini y Mendelsohn 1997)	Pequeña: ≤ 2 ha (Uhl <i>et al.</i> 1990, Sader 1995)	Baja a alta (1-80) (Atran 1993, Soza Manzanero 1996)	Baja	Quemas pueden salirse de control (Whitacre 1998)	Manual	Ninguno a poco (Kleinman <i>et al.</i> 1995)
Barbecho	Breve a mediana: 2-15 años (Katz 1995, Montagnini y Mendelsohn 1997)	Mediana: varias ha	Alta	Alta	Sombra conserva humedad, inhibe incendios	Ninguna	Ninguno
Agroforestería	Mediana a larga: años a décadas	Pequeña a mediana: <1 a varias ha	Mediana	Alta (Gillespie <i>et al.</i> 1993, Perfecto y Snelling 1995)	Sombra conserva humedad, inhibe incendios	Manual, al inicio	Ninguno a moderado (sombra oprime malezas)
Pastizales	Mediana a larga: años a décadas (Uhl <i>et al.</i> 1988)	Mediana a grande: varias a cientos de ha (Katz 1995)	Baja	Baja (Nepstad <i>et al.</i> 1990)	Quemas a gran escala a menudo salen de control (Uhl y Kauffman 1990)	Arado mecánico o manual al inicio, a veces repetido para reestablecer gramíneas (Uhl <i>et al.</i> 1988)	Ninguno a moderado (Nepstad <i>et al.</i> 1990)
Monocultivos de altos insumos	Mediana a larga: años a décadas	Pequeña a grande: 1 a cientos de ha	Baja (Matson <i>et al.</i> 1997, Vandermeer y Perfecto 1997)	Baja	Poco uso de fuego, pero el ambiente seco puede propiciar incendios	Arado mecánico o manual para cada ciclo (1-2 veces/año)	Moderado a alto (Buttel 1990)

En algunas circunstancias, las especies del bosque pueden estar incluso mejor protegidas adentro de los agroecosistemas que en las reservas en donde la actividad humana es más restringida (Griffith 2000). Durante la estación seca de 1998 (y, en menor grado, durante la mayoría de las estaciones secas recientes), los incendios recorrieron los bosques de la RBM (Rodríguez Lara 2001). Griffith (2000) documentó que dos parcelas agrícolas adyacentes en la zona de amortiguamiento que no se quemaron fueron un refugio para por lo menos 83 especies de aves después de los incendios. Algunas de las aves que hallaron abrigo habían sido clasificadas como propias del bosque primario (Whitacre *et al.* 1995b). Estas parcelas son un mosaico de 90 ha de RTQ, agroforestería y bosque secundario sujeto a tala selectiva. Para proteger su inversión en cultivos perennes, los propietarios de estas tierras se esforzaron por parar los incendios en los límites de su propiedad; quienes no habían invertido tanto en sus terrenos, hicieron poco por controlar los incendios.

La conectividad del paisaje, el microclima, los incendios y la matriz agrícola

Como observan Sader *et al.* (1997), la zona de amortiguamiento de la RBM está cambiando rápidamente, de un paisaje boscoso con parches agrícolas aislados a un paisaje agropecuario con bosque cada vez más fragmentado. En los paisajes fragmentados, poder dispersarse entre parches de hábitat mejora las posibilidades de persistencia de una especie, al permitir que los individuos exploten una base de recursos más amplia y contribuir a mantener la viabilidad genética en el nivel poblacional (Laurance 1991, Murcia 1996). La calidad de la matriz entre parches de bosque determina cuáles especies podrán dispersarse de un fragmento a otro. La permeabilidad de los sistemas agroforestales a las aves y murciélagos que cruzan entre fragmentos ayudará a estos animales y a las plantas a las cuales polinizan y cuyas semillas dispersan a persistir en tales paisajes (Estrada *et al.* 1993). Los fragmentos boscosos en medio de pastizales, sin embargo, son mucho más aislados, en gran parte porque muchos animales polinizadores y dispersores de semillas son reacios a pasar por áreas de baja diversidad estructural vegetativa (Estrada *et al.* 1993, Da Silva *et al.* 1996).

Los efectos de borde son otra amenaza a la persistencia de especies en los paisajes fragmentados. Tales efectos incluyen cambios microclimáticos, como

temperaturas extremas, mayor viento y desecación, y amenazas bióticas, como competidores, depredadores y los patógenos que invaden los fragmentos boscosos desde la matriz (Lovejoy *et al.* 1996); tal vez el efecto de borde más devastador son los incendios. Los microclimas húmedos de los bosques maduros minimizan la ocurrencia de los incendios (Kauffman *et al.* 1988, Uhl *et al.* 1988) e históricamente los incendios han sido raros en la Selva Maya (Snook 1998). Sin embargo, los incendios en las áreas abiertas, especialmente en pastizales, son cada vez más comunes en El Petén y penetran más profundamente en los bosques adyacentes (Whitacre *et al.* 1995a, Shriar 2001). En contraste, la vegetación de borde de dosel cerrado minimiza la penetración de los efectos de borde, incluso los incendios, en los bosques (Kellman *et al.* 1996). Podemos deducir que los sistemas agroforestales y los barbechos de RTQ amortiguan los bosques vecinos de los efectos de borde de la misma manera (Schroth *et al.* 2003).

La regeneración forestal postagrícola

El manejo agrícola marca las comunidades ecológicas por décadas o siglos después de su abandono, por lo que es imprescindible evaluar la dimensión temporal de su influencia además de la espacial. El porvenir tras el abandono de las tierras cultivadas es de importancia especial en el trópico húmedo, donde los suelos frágiles, las plagas y las condiciones sociales y económicas volátiles producen cambios súbitos en el uso del suelo. En El Petén, 111000 ha fueron abandonadas entre 1987 y 1993, aunque el área total dedicada a la agricultura aumentó (Mario Rodríguez Lara, datos sin publicar citados por Katz 1995). Las tasas de sucesión y las barreras a la misma son claves de manejo de los sitios en regeneración, sea con fines productivos (Birdsey y Weaver 1983, Finegan 1992) o conservacionistas (Rivera y Aide 1998, Martínez-Garza y Howe 2003).

Las diferencias entre las estrategias de producción agrícola resumidas en el Cuadro 1 influyen en la diversidad biológica que surge de la sucesión postabandono (Uhl 1987), a la vez que determinan la diversidad presente en el campo y su paisaje durante el cultivo. Las especies arborescentes del trópico húmedo, adaptadas a las perturbaciones frecuentes por caídas de árboles y tormentas, son resistentes también al manejo agrícola (Uhl 1987). Donde el uso del suelo ha sido liviano y breve, la regeneración a partir del banco

Cuadro 2. Mecanismos de establecimiento y tasas de sucesión ecológica partiendo de una gama de estrategias agrícolas (los datos sin citas están basados en observaciones de los autores).

Actividad	Rebrote	Banco de plántulas	Banco de semillas	Dispersión de semillas	Tasa de regeneración	
					Biomasa/área basal	Composición
Roza, tumba y quema	Moderado a mucho (Uhl <i>et al.</i> 1990, Kammesheidt 1999)	No hay (Uhl 1982)	Pobre a moderado (Uhl <i>et al.</i> 1982, Quintana-Ascencio <i>et al.</i> 1996)	Poca pero aumenta rápidamente con la acumulación de diversidad biológica y estructural (Uhl 1987, Medellín y Gaona 1999)	Rápida (Saldarriaga <i>et al.</i> 1988, Gretzinger 1994, Ferguson <i>et al.</i> 2003, Griffith en preparación)	Moderada (Gretzinger 1994, Finegan 1996, Fujisaka <i>et al.</i> 1998, Ferguson <i>et al.</i> 2003)
Agroforestería	Ninguno	Moderado: se desarrolla durante el cultivo (elementos originales eliminados)	Moderado: se desarrolla durante el cultivo (elementos originales eliminados)	Alta (Medellín y Gaona 1999, Griffith <i>et al.</i> en preparación)	Moderada a rápida (Birdsey y Weaver 1983, Ferguson <i>et al.</i> 2003, Griffith en preparación)	Moderada a rápida (Parrotta 1992, Lugo 1997, Ferguson 2003)
Pastizales	Muy poco a moderado (Uhl <i>et al.</i> 1988) (Nepstad <i>et al.</i> 1996)	Muy poco (Uhl 1982)	Poco: se desarrolla durante el cultivo (elementos originales eliminados) (Nepstad <i>et al.</i> 1996, Miller 1999)	Poca a moderada, según diversidad biológica y estructural y fuentes de semillas en el paisaje (Nepstad <i>et al.</i> 1990, Nepstad <i>et al.</i> 1996, Holl 1999, Griffith <i>et al.</i> en preparación)	Lenta a moderada (Uhl <i>et al.</i> 1988, Ferguson <i>et al.</i> 2003, Griffith en preparación)	Lenta a moderada (Uhl <i>et al.</i> 1988, Fujisaka <i>et al.</i> 1998, Ferguson <i>et al.</i> 2003)
Monocultivos de altos insumos	Ninguno (Uhl 1982)	No hay (Uhl 1982)	No hay (Uhl 1982)	Poca, limitada por falta de diversidad biológica y estructural y falta de fuentes de semillas en el paisaje (Uhl 1982, Ferguson <i>et al.</i> 2003, Griffith <i>et al.</i> en preparación)	Lenta (Uhl 1982, Ferguson <i>et al.</i> 2003, Griffith en preparación)	Lenta (Uhl 1982, Ferguson <i>et al.</i> 2003)

de semillas y los rebrotes de los tallos cortados facilita una regeneración rápida del bosque primario. La perturbación fuerte o prolongada elimina estas rutas regenerativas y las especies pioneras, que son las mejor representadas en el banco de semillas, dominan la regeneración (Quintana-Ascencio *et al.* 1996). Donde la perturbación todavía más severa ha eliminado el banco de semillas, los árboles y arbustos solo pueden ser reclutados a través de la dispersión de semillas postabandono (Uhl 1987). La mayoría de los árboles del bosque maduro del Neotrópico húmedo depende de los animales, especialmente las aves y murciélagos, para dispersar sus semillas (Opler *et al.* 1975, Howe y Smallwood 1982), lo cual enfrenta una serie de barreras, especialmente donde hay poca complejidad estructural en la vegetación.

La literatura relacionada con los efectos de los agroecosistemas sobre las rutas y tasas de regeneración forestal esta resumida en el Cuadro 2 y detallada en publicaciones anteriores (Ferguson 2001, Ferguson *et al.* 2003). No obstante, cabe mencionar aquí algunas peculiaridades de cada agroecosistema. En el caso de la RTQ, la tasa y la composición del desarrollo del barbecho son claves para la productividad sustentable (Ewel 1986, Raintree y Warner 1986) y los agricultores emplean una variedad de herramientas para impulsar activamente la formación del barbecho (Na-

tions y Nigh 1980, Levy Tacher 2000). De todos modos, la perturbación que causa la limpieza y la preparación de la tierra es lo suficientemente leve y corta como para permitir que muchos árboles rebroten (Kammesheidt 1998). Además, los campos de RTQ suelen ser pequeños y estar rodeados de un mosaico de barbechos de edades variadas, los cuales proveen semillas y hábitat para los animales que las dispersan (Nations y Nigh 1980, Uhl *et al.* 1990, Raman 2001). Por estas razones, el crecimiento de bosque en parcelas de RTQ abandonadas es rápido en términos de biomasa y diversidad (Saldarriaga *et al.* 1988, Gretzinger 1994), aunque la recuperación de la composición de especies y la distribución de tamaños es considerablemente más lenta (Gretzinger 1994, Finegan 1996).

En contraste con los sistemas RTQ, la agroforestería involucra la producción continua, en el largo plazo y en el mismo lugar, reduciendo dramáticamente la regeneración a través de los rebrotes. Las condiciones para el establecimiento de árboles a través de la dispersión de semillas, sin embargo, son casi ideales, porque el microclima y la diversidad estructural y taxonómica que proveen los sistemas agroforestales pueden atraer a los animales dispersores de semillas y las fuentes de semillas pueden estar ya presentes en el dosel (Estrada y Coates-Estrada 2002). La regeneración forestal que sigue al abandono de sistemas agro-

forestales puede ser rápida (Birdsey y Weaver 1983, Ferguson *et al.* 2003), pero no se ha documentado el proceso en detalle.

La ganadería y los monocultivos de altos insumos, al igual que la agroforestería, pasan largos períodos sin barbecho y, por ende, reducen el potencial para la regeneración de rebrotes o bancos de semillas (Garwood 1989, Uhl *et al.* 1990). En contraste con la agroforestería, estas actividades se practican a escalas grandes y sus actores intentan activamente minimizar la diversidad biológica y estructural (Vandermeer y Perfecto 1997), en parte a través de las quemadas y los pesticidas. Los animales dispersores de semillas rara vez salen de los bosques hacia las áreas abiertas, que les ofrecen poca comida y donde están expuestos a depredadores y condiciones climáticas adversas (Da Silva *et al.* 1996). Además, la cobertura del suelo y los bancos de semillas son dominados por herbáceas agresivas, que inhiben el establecimiento de las pioneras leñosas (Garwood 1989, Holl 1998, Ferguson *et al.* 2003).

Pocos estudios han cuantificado la sucesión que ocurre en los campos abandonados de monocultivos de altos insumos, pero se ha desarrollado una literatura más amplia alrededor de la sucesión pos-pastizal. Los bosques se desarrollan rápidamente después del abandono de algunos pastizales (Uhl *et al.* 1988, Rivera *et al.* 2000), pero la sucesión en otros es mucho más lenta o incluso nula (Uhl *et al.* 1988, Zahawi y Augspurger 1999, Ferguson *et al.* 2003). La duración e intensidad de la perturbación agrícola (Uhl *et al.* 1988) y la presencia o ausencia de árboles y arbustos remanentes y colonizadores que actúan como núcleos para la regeneración (Guevara y Laborde 1993, Vieira *et al.* 1994, Da Silva *et al.* 1996) parecen ser factores claves para determinar el paso de la sucesión.

La carencia de estudios sucesionales con sistemas agroforestales y monocultivos como puntos de partida, así como la falta de estudios comparativos, limitan las conclusiones posibles con respecto a las tasas sucesionales relativas en diferentes clases de agroecosistemas. Para empezar a llenar este vacío, se dio seguimiento a la sucesión postabandono en diez sitios, que incluyen RTQ, agroforestería, pastizales y monocultivos de altos insumos, por períodos de entre 13 y 40 meses (Ferguson 2001, Ferguson *et al.* 2003). La sucesión, cuantificada en términos de acumulación de área basal, reclutamiento de individuos y acumulación de especies fue dramáticamente más rápida en los sitios agroforestales y RTQ que en los pastizales o monocultivos.

En resumen, los agroecosistemas tradicionales (agroforestería y RTQ) tienden a conservar la diversidad biológica a nivel de campo y de paisaje mejor que los agroecosistemas de introducción reciente (los pastizales y los monocultivos de altos insumos externos). La diversidad de especies y de estructura facilita la sucesión postabandono, a través de los rebrotes, la germinación del banco de semillas y la recolonización mediante la dispersión de semillas por animales.

La intensificación agrícola y la conservación de bosques

A pesar de los esfuerzos de las ONG para proveer fuentes alternativas de ingresos, alrededor del 60% de la población petenera vive directamente de la agricultura, en la mayoría de los casos del tipo RTQ (Schwartz 2000b). Muchos conservacionistas (como Nations *et al.* 1998, Whitacre 1998, The Nature Conservancy 2004) consideran que los productores RTQ, particularmente los inmigrantes, desconocen el manejo adecuado de los suelos peteneros (con excepción de Sundberg 1998). Además, argumentan que las técnicas de RTQ empleadas por los inmigrantes no pueden sostener sus numerosas poblaciones en la tierra que ya está talada y, como consecuencia, se ven obligados a talar cada vez más selva. Por lo tanto, quienes se dedican a la conservación y el desarrollo en El Petén y en otros lugares han buscado volver sedentaria la agricultura, intensificando la producción en tierras ya deforestadas (Kleinman *et al.* 1995, Nations *et al.* 1998, Shriar 2001). Se supone que esta transición tecnológica, en combinación con el establecimiento de áreas protegidas, aliviará la presión sobre los bosques (ver, sin embargo, Angelsen y Kaimowitz 2001).

Shriar (2001) define la intensificación productiva como un aumento en la producción por unidad de área y de tiempo de productos deseados, sean estos proteínas, calorías, forraje, efectivo y/o materiales para la construcción. Entre las técnicas de intensificación que enumera, la mayoría han sido promovidas por alguna de las ONG que trabajan en El Petén: los policultivos y cultivos perennes (Soza Manzanero 1996, Reining y Soza Manzanero 1998, Palma 2000), los abonos verdes (Whitacre *et al.* 1995a, Palma 2000), el arado mecánico (Centro Maya 2000), las variedades introducidas (Centro Maya 2000), los cultivos para la comercialización en monocultivos (Centro Maya 2000) e incluso el uso de agroquímicos. Se debe notar que, en su mayoría, las ONG no han trabajado con

agroquímicos y ninguna contempla su promoción entre sus objetivos explícitos. No obstante, es imposible producir más que unas pocas cosechas de monocultivos en un clima como el del Petén sin fuertes inversiones en el manejo de la fertilidad del suelo y de las plagas (Humphries 1993). Ya que los productores tienen los agroquímicos a la mano, donde se promueve la producción en monocultivo sin técnicas orgánicas se promueve indirectamente el uso de dichos insumos. En El Petén, incluso las parcelas experimentales de por lo menos una ONG son frecuentemente rociadas con insecticidas; esto podría resultar en la selección de cultivares y técnicas de producción que dependan de insumos químicos, a la vez que brinda un ejemplo de manejo indeseable.

Desde un punto de vista agroecológico, la intensificación agrícola descrita por Shriar (2001) e implementada por las ONG en El Petén abarca dos estrategias fundamentalmente distintas. En el largo plazo, estas estrategias producirán resultados muy diferentes con respecto a la sustentabilidad agrícola, la conservación y el bienestar de las familias campesinas.

La intensificación de baja diversidad

Esta estrategia busca intensificar la producción reduciendo la diversidad biológica y estructural, fijando el agroecosistema en una etapa temprana para la producción continua de cultivos anuales (Odum 1969). En el nivel de sitio, esto corresponde a una reducción en el número de especies cultivadas, un aumento en la frecuencia de uso de la misma unidad de tierra, una disminución en la estructura de la vegetación, y mayor dependencia del control químico de plagas y fertilizantes químicos (Swift *et al.* 1996, Benton *et al.* 2003). En el nivel de paisaje, la homogeneización de los sistemas de producción reduce la diversidad de hábitats (Benton *et al.* 2003). Este modelo de intensificación (los monocultivos de altos insumos) acarrea problemas como la erosión, la acidificación y el agotamiento de los micronutrientes del suelo, la eliminación del inóculo de micorrizas, contaminación de agua, envenenamiento por plaguicidas y susceptibilidad a amenazas ambientales tales como ataques de plagas y patógenos (Soule *et al.* 1990, Janos 1996, Matson *et al.* 1997, Vandermeer *et al.* 1998, Cassman 1999, Tilman 1999). La necesidad de insumos caros (tractores y combustible, agroquímicos, semilla comprada) reduce la seguridad alimenticia y financiera. Depender de

unos pocos cultivos comerciales también amenaza la seguridad de los ingresos, al ligar la economía familiar a mercados internacionales volátiles⁴ (Blaikie 1985).

La literatura ecológica arriba revisada, los resultados de nuestros estudios sucesionales y los argumentos agroecológicos citados en esta sección invitan a reflexionar acerca de la viabilidad de la intensificación de baja diversidad para la conservación. En el largo plazo, estas estrategias pueden estimular la expansión agrícola cuando disminuyen los ingresos por la necesidad de adquirir insumos y, eventualmente, la tierra queda exhausta y subutilizada o abandonada (Angelsen *et al.* 2001). La intensificación de baja diversidad puede detener temporalmente el avance de la frontera agrícola, pero con el costo de la eventual creación de terrenos baldíos de poco valor agrícola y ecológico.

La intensificación de alta diversidad

El otro conjunto de prácticas de intensificación tiene origen en los agroecosistemas tradicionales y su interacción con la teoría agroecológica. Dichos sistemas mantienen o aumentan la diversidad taxonómica y estructural de los cultivos y suelen incluir elementos perennes. Además, simulan etapas sucesionales avanzadas o manejan el proceso sucesional en sí (Ewel 1999). Por su diversidad de especies y formas de crecimiento, aprovechan al máximo los recursos disponibles y ofrecen diversos beneficios económicos al productor (Vandermeer 1992). A la vez, como se demuestra arriba, los agroecosistemas de alta diversidad pueden abrigar biodiversidad asociada apreciable, mantener la conectividad en los paisajes fragmentados, amortiguar los bordes de los bosques frente a una variedad de amenazas y preservar la capacidad de regeneración forestal postagrícola. Por su complejidad, el manejo de estos sistemas requiere de mucho conocimiento e información (Netting 1993). Asimismo, al minimizar el uso de insumos externos, la intensificación de alta diversidad frecuentemente implica una mayor inversión en mano de obra (Netting 1993).

Vías hacia la producción de alta diversidad

En su conjunto, estas consideraciones llevan a la conclusión de que la conservación de la biodiversidad en El Petén y el resto de Mesoamérica debe enfocarse en estrategias que exploten la complementariedad entre la agricultura ecológica y la conservación de la diver-

⁴ Los productores en Ruta Bethel lo saben por experiencia propia. En 1996 hubieron ganancias atractivas para quienes sembraron ajonjolí. En 1997, los agricultores respondieron a la demanda sembrando mucho más, y perdieron cuando el precio pagado por los intermediarios se precipitó a la hora de la cosecha.

sidad biológica. Un punto de referencia obligado en la búsqueda de los componentes de este paradigma agroecológico-conservacionista es la propia agricultura campesina regional. Entre sus sistemas de producción tradicionales, los campesinos siembran policultivos, aplican estrategias diversas de conservación y reciclaje de nutrientes y otros recursos, además de que conservan y seleccionan germoplasma. Este conocimiento tradicional presenta diversas ventajas como base para la identificación de alternativas de intensificación de alta diversidad: aprovecha el conocimiento ya existente y familiar; propicia relaciones de respeto entre productores, investigadores y agentes de cambio; y, por lo tanto, presenta opciones fáciles de adoptar (Aleman *et al.* 2003).

Roza, tumba y quema

En este sentido, la RTQ, como el sistema tradicional más ampliamente utilizado en Petén, es el punto de partida ideal para la intensificación de alta diversidad. Alrededor del mundo, cientos de millones de personas practican la RTQ sobre cientos de millones de hectáreas, la mayoría en los trópicos (FAO 1985). Los sistemas de RTQ tradicionales están adaptados a la producción en los suelos tropicales, en gran parte por los servicios de control de malezas y mantenimiento de fertilidad que provee el período de barbecho (Kleinman *et al.* 1995). Sin embargo, la RTQ ha sido satanizada como insostenible, porque se asocia con la degradación de suelos, y como ineficiente, por sus bajos rendimientos (Kleinman *et al.* 1995).

Algunos autores reconcilian estas percepciones conflictivas de la RTQ al distinguir entre agricultores migratorios (*shifting*) y agricultores migrantes (*shifted*) (Gómez-Pompa y Kaus 1992, Myers 1992, Kleinman *et al.* 1995). Los primeros practican una RTQ tradicional y sostenible, mientras los últimos son los inmigrantes recién llegados e ignorantes del manejo adecuado de sus nuevas tierras. Nosotros argumentamos que es más fructífero reconocer un continuo de prácticas de RTQ, que va desde lo sostenible, e incluso enriquecedor en términos de la biodiversidad (Connell 1978, Gómez-Pompa y Kaus 1992, Mann 2000), hasta lo ecológicamente destructivo. Este continuo surge de una combinación de factores, que incluyen la cultura (de Jong 1997, Atran *et al.* 1999), la experiencia del agricultor (Sundberg 1998), la presión sobre el uso del suelo (Myers 1992, De Jong 1997), las condiciones edáficas (Whitacre *et al.* 1995a, Sundberg

1998), la tenencia de la tierra (Soza Manzanero 1996) y las condiciones de mercado. Estos factores influyen en aspectos de la producción de RTQ, como la duración de los períodos de cultivación y de barbecho, la diversidad de cultivos, la técnica de quemados y el manejo de los barbechos. Reconocer el papel de cada uno de estos factores facilita la identificación de estrategias apropiadas para prevenir la degradación y aumentar la productividad.

Los cultivos anuales son las fuentes principales de ingresos en efectivo para los peteneros (Schwartz 2000a). En vez de promover la producción de estos cultivos en el contexto de intensificación de baja diversidad, los conservacionistas podrían ayudar a los productores a desplazarse hacia el lado sustentable del continuo de prácticas de RTQ, basándose en el conocimiento agrícola local, como en la agroecología (Montagnini y Mendelsohn 1997). Por ejemplo, a los inmigrantes les podría ayudar ampliar su conocimiento sobre cuáles árboles dejar de pie dentro y alrededor de sus parcelas, o cómo quemar de manera segura y eficiente. Asimismo, siguiendo el ejemplo de grupos indígenas como los lacandones (Nations y Nigh 1980, Levy Tacher 2000) y los itzá (Atran 1993), podrían explotar una gama más amplia de especies, tanto en las áreas cultivadas como en los barbechos.

Agroforestería

Al incorporar un componente arbóreo a la producción agrícola, se aumenta la diversidad estructural y taxonómica de la parcela; por lo tanto, se aumenta también la eficiencia de la utilización de nutrientes, agua, luz y espacio al incorporar plantas que llenan nichos ecológicos diversos (Vandermeer 1992). Con frecuencia, en los sistemas agroforestales, al igual que en otros policultivos, los cultivos se ayudan entre sí a través de mecanismos, como la fijación de nitrógeno, la estabilización del suelo y la prevención de ataques de plagas. Los productores agroforestales también pueden usar su mano de obra de manera eficiente, porque los distintos cultivos requieren de manejo en momentos diferentes y porque, por ejemplo, crecen menos malezas y no hay tanta necesidad de aplicar abonos (Vandermeer 1992). Además, sembrar una variedad de cultivos maximiza la seguridad alimenticia y financiera (Altieri 2000).

En la milpa de los productores tradicionales de elevaciones bajas, como los grupos Mayas arriba mencionados, la RTQ es la primera fase de una rotación

que dura décadas. Los barbechos son enriquecidos con especies perennes útiles o incluso reemplazados por una serie de cultivos que imitan secuencias sucesionales (Nations y Nigh 1980, Atran 1993, Levy Tacher 2000). Estas milpas son sistemas agroforestales que, aunque sofisticados, son prácticos y potencialmente fáciles de adoptar. Otra estrategia podría ser la diversificación de plantaciones frutales y forestales existentes.

Sobre la agroforestería ya existe una base profunda de conocimiento tradicional en El Petén (Atran 1993, Palma 2000). No obstante, para que este modelo productivo se extienda más allá de los huertos familiares y las milpas de los peteneros tradicionales, urge más investigación, extensión y otros apoyos que estimulen la inversión en cultivos perennes.

Los sistemas silvopastoriles

El estrecho vínculo entre la actividad pecuaria y la degradación ambiental, en particular la deforestación y la degradación de suelos, ha llevado a la demonización de la ganadería por parte de conservacionistas y agentes de desarrollo, entre otros (Szott *et al.* 2000). Sin embargo, los aspectos más nocivos de la actividad pecuaria no son inherentes a la producción ganadera, sino productos del carácter extensivo del modelo productivo dominante (Murgueitio y Calle 1998). A nivel mundial existe mucha discusión e investigación sobre cómo intensificar la producción ganadera sin degradar la base productiva o el ambiente (por ejemplo, FAO *et al.*, Centro Virtual de Investigación y Desarrollo 2004).

Entre las estrategias de intensificación pecuaria sostenible más prometedoras destacan los sistemas silvopastoriles. Estos son sistemas agroforestales que combinan árboles y arbustos con la producción pecuaria en una variedad de arreglos espaciales y temporales (Sánchez 1998). Las especies leñosas más utilizadas son las de usos múltiples (forraje, abono verde, sombra, cercos, rompevientos, comida, leña, madera, etc.). Muchas son fijadoras de nitrógeno y ofrecen un alto contenido proteínico.

Los sistemas silvopastoriles proveen múltiples beneficios productivos en comparación con la ganadería extensiva. Como sistemas agroforestales, son más eficientes en el aprovechamiento de recursos, en la producción de biomasa primaria y en la disponibilidad de forraje (Benavides 1998, Sánchez 1998). Este aumento en la producción de forraje es particularmente marcado en la época de estiaje (Benavides 1998, Navas

Camacho y Restrepo Sáenz 2001). Además, por el alto valor proteínico de los arbustos y árboles forrajeros, los sistemas silvopastoriles pueden proveer una dieta más balanceada para el ganado (Benavides 1998, Sánchez 1998). De esta manera, las prácticas silvopastoriles mejoran la cantidad y calidad del forraje disponible, aumentando la producción de carne y leche por unidad de área (Benavides 1998, Sánchez 1998). Otra ventaja productiva importante es el potencial de diversificar la producción de las áreas de pastoreo con productos como madera, leña, frutas y miel. En algunas circunstancias, la intensificación productiva puede liberar terreno para otros propósitos productivos y/o conservacionistas (Kaimowitz y Angelsen 2001), además de que los sistemas silvopastoriles en sí albergan una biodiversidad considerable (Murgueitio y Calle 1998, Naranjo 1999, Ibrahim y Mora-Delgado 2001).

Investigaciones realizadas en Belice y Chiapas identifican muchas posibilidades para la intensificación ganadera a través de los sistemas silvopastoriles (Ibrahim y Beer 1998, Jiménez-Ferrer 2000). No obstante, aparte de los esfuerzos del Centro Maya para promover bancos forrajeros, y los de CARE para documentar prácticas silvopastoriles existentes (Palma 2000), se ha dedicado poco esfuerzo a la ganadería sostenible en El Petén.

Plantaciones forestales

El Instituto Nacional de Bosques (INAB) empezó recientemente a proveer asistencia técnica e incentivos financieros para la siembra de plantaciones forestales (Fong Nakazawa 1997), por lo que muchos grandes terratenientes están haciendo la conversión (Schwartz 2000a). Desafortunadamente, los técnicos del INAB generalmente requieren que la tierra para "reforestación" esté limpia antes de la siembra de una plantación y durante los primeros años mientras se establecen los árboles. Esto tiende a excluir del programa técnicas como enriquecimiento de barbechos y otros sistemas agroforestales que ofrecen oportunidades para la conservación y la producción; peor aún, muchas plantaciones en el programa del INAB tienen solamente una o dos especies. Estas plantaciones enfrentarán muchos de los problemas agronómicos de los monocultivos anuales, incluyendo las malezas y otras plagas y pérdida de fertilidad y erosión del suelo. Además, Schwartz (2000a) informa que muchos productores grandes están sembrando plantaciones de

corta rotación para pulpa, las cuales ofrecen un valor conservacionista mínimo y temporal (Lamb 1998), mientras minan los recursos edáficos.

Además, la estructura del programa no ha conducido a la participación de productores pequeños; es el caso de uno de ellos, que está participando en el programa pero enfrentó una crisis de liquidez porque tuvo que hacer una inversión fuerte en su plantación desde el inicio y empezó a recibir incentivos hasta un par de años más tarde. De esta manera, lamentablemente, el programa representa un subsidio para los ricos pero es poco accesible para los demás.

Como se detalla arriba, las plantaciones forestales pueden favorecer la diversidad biológica y, a la vez, servir como punto de partida para el establecimiento de sistemas silvopastoriles. Con algunas modificaciones técnicas y estructurales, el programa de reforestación del INAB podría contribuir a estos fines, especialmente si busca cómo apoyar los esfuerzos de forestería comunitaria y a los pequeños propietarios.

Retos por enfrentar

En El Petén en particular y Mesoamérica en general, el manejo de los paisajes agrícolas es clave para la conservación de la biodiversidad dentro y fuera de las áreas naturales protegidas. Este reconocimiento abre posibilidades alentadoras de colaboración entre comunidades de campesinos y la comunidad técnico-científica. Su agenda común abarca temas como la agroforestería (incluyendo la RTQ y los sistemas silvopastoriles), la producción orgánica, la forestería comunitaria, la valoración de los servicios ambientales y la restauración ecológica y productiva de tierras degradadas (Conroy *et al.* 1996, CCAD 2002).

Sin embargo, los obstáculos más formidables a la implementación de esta agenda nacen afuera de los cercos agrícolas, en instituciones públicas y privadas, en Guatemala y el extranjero. Como manifiesta Shriar (1999, 2001), las técnicas de intensificación agrícola promovidas por las ONG en El Petén han ejercido poco efecto, porque en muchos casos se han ofrecido sin considerar plenamente las barreras estructurales para su adopción. Estas barreras incluyen una tenencia insegura de la tierra; distribución desigual de la tierra, especialmente de tierra apta para la agricultura; la carencia de subsidios o crédito a tasas razonables; y la falta de acceso a mercados que paguen precios justos por cultivos perennes. Es particularmente preocupante que la tierra está cada vez más concentrada en las

manos de unos pocos (Schwartz 1995, Soza Manzanero 1996, Elías *et al.* 1997). Algunos inversionistas incluso adquieren y "limpian" los predios únicamente para especular o para actividades relacionadas con el narcotráfico. Este proceso limita las posibilidades de intensificación sostenible, ya que los grandes terratenientes generalmente priorizan las ganancias sobre su inversión en mano de obra más que en la tierra (Netting 1993, Schelhas 1996, Shriar 2001). Quienes tienen un compromiso con la conservación y la sociedad rural tendrán que enfrentar este conjunto formidable de retos sociales y políticos, y al mismo tiempo ofrecer alternativas tecnológicas.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los agricultores y trabajadores de agencias de desarrollo que compartieron su tiempo y sus ideas. En particular, Zacarías Quixchán ha sido una fuente constante de ideas y de inspiración. El Centro Maya nos apoyó logísticamente. John Vandermeer, Ivette Perfecto, Deborah Goldberg, Helda Morales, Lisa Curran y Paul Foster ofrecieron consejos perspicaces en varias etapas del trabajo. Norman Schwartz, Stephanie Paladino, Simon Comerford, Graeme Stockton y dos revisores anónimos hicieron comentarios valiosos en borradores iniciales. El apoyo financiero fue proporcionado por la US National Science Foundation subvención # DEB 9815369, así como subvenciones a BGF de la Lindbergh Foundation, Fulbright Foundation, el fondo Helen Olson Brower y de la University of Michigan a través de la Rackham School of Graduate Studies, Latin American and Caribbean Studies Program y Department of Biology.

Literatura citada

- Alemán S, T; Guevara H, F; Fuentes P, T; Madrigal, S; Vega G, R. 2003. ECAs a la mexicana: facilitadores para la innovación tecnológica de la agricultura campesina. *LEISA Revista de Agroecología* 19:53-56.
- Altieri, MA. 2000. Multifunctional dimensions of ecologically-based agriculture in Latin America. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology* 7:62-75.
- Angelsen, A; Kaimowitz, D. eds. 2001. *Agricultural Technologies and Tropical Deforestation*. Wallingford, UK, CABI. 422 p.
- _____; van Soest, D; Kaimowitz, D; Bulte, E. 2001. Technological change and deforestation: a theoretical overview. *In* Angelsen, A; Kaimowitz, D. eds. *Agricultural Technologies and Tropical Deforestation*. Wallingford, UK, CAB International. p. 19-34.
- Armbrecht, I; Perfecto, I. 2003. Litter-twig dwelling ant species richness and predation potential within a forest fragment and neighboring coffee plantations of contrasting habitat quality in Mexico. *Agriculture Ecosystems & Environment* 97: 107-115.
- Atran, S. 1993. Itzá Maya tropical agroforestry. *Current Anthropology* 34: 633-700.
- _____; Medin, D; Ross, N; Lynch, E; Coley, J; Ucan Ek, E; Vapnarsky, V. 1999. Folkecology and commons management in the Maya Lowlands. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 96: 7598-7603.

- Benavides, JE. Arboles y arbustos forrajeros: una alternativa agroforestal para la ganadería. *In* Rosales M; Murgueitio, E; Osorio, H; Sánchez, MD; Speedy, A. eds. *Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica* (conferencia electrónica). Disponible en <http://lead.virtualcentre.org/es/ele/conferencia1/bnvdes23.htm>
- Benton, TG; Vickery, JA; Wilson, JD. 2003. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology & Evolution* 18: 182-188.
- Birdsey, RA; Weaver, PL. 1983. Puerto Rico's timberland. *Journal of Forestry* 81: 671-672, 679.
- Blaikie, P. 1985. The political economy of soil erosion in developing countries. New York, US, Longman. 188 p.
- Buttel, FH. 1990. Social relations and the growth of modern agriculture. *In* Carroll, CR; Vandermeer, JH; Rosset, PM. *Agroecology*. New York, US, McGraw-Hill. p. 113-145.
- Carroll, CR; Vandermeer, JH; Rosset, P. eds. 1990. *Agroecology*. New York, US, McGraw-Hill. 641 p.
- Cassman, KG. 1999. Ecological intensification of cereal production systems: Yield potential, soil quality, and precision agriculture. *Proceedings of the National Academy of Science* 96: 5952-5959.
- Centro Maya. 2000. Centro Maya. Disponible en <http://www.guate.net/centromaya/>.
- Centro Virtual de Investigación y Desarrollo. 2004. Iniciativa para Ganadería, Medio Ambiente y Desarrollo. Disponible en <http://lead.virtualcentre.org/es/frame.htm>.
- Collins, WW; Quailset, CO. eds. 1999. *Biodiversity in agroecosystems*. Boca Raton, FL, US, CRC Press. 334 p.
- CCAD (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo). 2002. *Naturaleza, gente y bienestar: Mesoamérica en cifras*. San José, CR, Observatorio del Desarrollo. 40 p.
- Connell, JH. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science* 199: 1302-1310.
- Conroy, ME; Murray, DL; Rosset, PM. 1996. A Cautionary Tale: Failed U.S. Development Policy in Central America. London, UK, Lynne Rienner, Boulder. 221 p.
- Da Silva, JMC; Uhl, C; Murray, G. 1996. Plant succession, landscape management, and the ecology of frugivorous birds in abandoned Amazonian pastures. *Conservation Biology* 10: 491-503.
- De Jong, W. 1997. Developing swidden agriculture and the threat of biodiversity loss. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 62:187-97.
- Elías, S. 2000. Petén y los retos para el desarrollo sostenible. *In* *Nuevas Perspectivas de Desarrollo Sostenible en Petén*. Guatemala, GT, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO). p. 15-25.
- _____; Gellert, G; Pape, E; Reyes, E. 1997. Evaluación de la Sostenibilidad en Guatemala. Guatemala, GT, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO). 265 p.
- Estrada, A; Coates Estrada, R; Meritt, D; Montiel, S; Curiel, D. 1993. Patterns of frugivore species richness and abundance in forest islands and in agricultural habitats at Los Tuxtlas, Mexico. *Vegetatio* 108: 245-257.
- _____; Coates-Estrada, R. 2002. Bats in continuous forest, forest fragments and in an agricultural mosaic habitat-island at Los Tuxtlas, Mexico. *Biological Conservation* 103: 237-245.
- Ewel, JJ. 1986. Designing agricultural ecosystems for the humid tropics. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17: 245-71.
- _____. 1999. Natural systems as models for the design of sustainable systems of land use. *Agroforestry systems* 45: 1-21.
- FAO. 1985. *Tropical Forestry Action Plan*. Roma, IT, UN Food and Agricultural Organization.
- _____; CIPAV; CATIE. 2004. *Red Latinoamericana de Agroforestería Peucaria*. Disponible en <http://www.cipav.org.co/redagrofor>. 159 p.
- Ferguson, BG. 2001. *Post-agricultural Tropical Forest Succession: Patterns, Processes and Implications for Conservation and Restoration*. Tesis Ph.D. Ann Arbor, Michigan, US, Department of Biology, University of Michigan. 205 p.
- _____; Vandermeer, J; Morales, H; Griffith, DM. 2003. Post-agricultural succession in the Maya lowlands. *Conservation Biology* 17: 818-828.
- Finnegan, B. 1992. The management potential of neotropical secondary lowland rain forest. *Forest Ecology and Management* 47: 295-321.
- _____. 1996. Pattern and process in neotropical secondary forests: the first 100 years of succession. *Trends in Ecology and Evolution* 11: 119-124.
- Fong Nakazawa, Y. 1997. Nueva ley forestal plantea ampliación de incentivos fiscales. *Prensa Libre*, Guatemala, GT, jul 2.
- Fujisaka, S; Escobar, G; Veneklaas, E. 1998. Plant community diversity relative to human land uses in an Amazon forest colony. *Biodiversity and Conservation* 7: 41-57.
- Garwood, NC. 1989. Tropical soil seed banks: a review. *In* Leck, MA; Simpson, RL; Parker, VT. eds. *Ecology of Soil Seed Banks*. New York, US, Academic Press. p. 149-209.
- Gillespie, AR; Knudson, DM; Geilfus, F. 1993. The structure of four home gardens in the Petén, Guatemala. *Agroforestry Systems* 24: 157-170.
- Gomez-Pompa, A; Kaus, A. 1992. Taming the wilderness myth. *BioScience* 43: 271-279.
- Greenberg, R; Bichier, P; Cruz Angon, A; Reitsma, R. 1997. Bird populations in shade and sun coffee plantations in central Guatemala. *Conservation Biology* 11: 448-459.
- Gretzinger, SP. 1994. Response to disturbance, community associations and successional processes on upland forest in the Maya Biosphere Reserve, Petén, Guatemala. Tesis M.Sc. North Carolina, US, North Carolina State University. 94 p.
- Griffith, DM. Succession of tropical rain forest along a gradient of agricultural intensification: patterns, mechanisms and implications for conservation. Tesis Ph.D. Ann Arbor, US, Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of Michigan. *En preparación*.
- _____; Chatá, M; Chatá, S. Recruitment limitation by seed dispersal and germination in post-agricultural succession. *En preparación*.
- _____. 2000. Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity after fire. *Conservation Biology* 14: 325-326.
- Guevara, S; Laborde, J. 1993. Monitoring seed dispersal at isolated standing trees in tropical pastures: consequences for local species diversity. *Vegetatio* 107/108: 319-338.
- Haenn, N. 1999. Working forests: Mexican farmers' challenge to conservation. *Delaware Review of Latin American Studies*. Disponible en <http://www.udel.edu/LASP/index.html>.
- Holl, KD. 1998. Effects of above- and below-ground competition of shrubs and grass on *Calophyllum brasiliense* (Camb.) seedling growth in abandoned tropical pasture. *Forest Ecology and Management* 109: 187-195.

- _____. 1999. Factors limiting tropical rain forest regeneration in abandoned pasture: seed rain, seed germination, microclimate, and soil. *Biotropica* 31: 229-242.
- Howe, HF; Smallwood, J. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics* 13: 201-228.
- Humphries, S. 1993. The intensification of traditional agriculture among Yucatec Maya farmers: facing up to the dilemma of livelihood sustainability. *Human Ecology* 21: 87-101.
- Ibrahim, M; Beer, J. eds. 1998. *Agroforestry prototypes for Belize*. Turrialba, CR, CATIE.
- _____; Mora-Delgado, J. 2001. Potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios ambientales. *In* Potencialidades de los Sistemas Silvopastoriles para la Generación de Servicios Ambientales (LEAD-PFI-ECONF-L) (conferencia electrónica). Disponible en <http://lead.virtualcentre.org/es/ele/conferencia3/articulo1.htm>
- INE (Instituto Nacional de Estadística). 2004. IV Censo Nacional Agropecuario: Características generales de las fincas censales y de productoras y productores agropecuarios. Guatemala, INE. Tomo 1.
- Janos, DP. 1996. Mycorrhizas, succession, and the rehabilitation of deforested lands in the humid tropics. *In* Frankland, JC; Magan, N; Gadd, GM. *Fungi and environmental change*. Cambridge, Cambridge University Press. p. 129-162.
- Jiménez-Ferrer, G. 2000. Potencial de árboles y arbustos forrajeros en la Región Maya-Tzotzil del Norte de Chiapas, México. Tesis Ph.D. Mérida, MX, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán.
- Kaimowitz, D. 1994. La dinámica minera de la ganadería en América Central. *In* FUNDESCA. ed. *El Último despale...La Frontera Agrícola Centroamericana*. San José, CR, Garnier Relaciones Públicas. p. 46-51.
- _____; Angelsen, A. ¿Ayudará la intensificación ganadera a salvar los bosques tropicales de América Latina? *In* Potencialidades de los Sistemas Silvopastoriles para la Generación de Servicios Ambientales (LEAD-PFI-ECONF-L) (conferencia electrónica). Disponible en <http://lead.virtualcentre.org/es/ele/conferencia3/articulo6.htm#ftnref1>.
- Kammesheidt, L. 1998. The role of tree sprouts in the restoration of stand structure and species diversity in tropical moist forest after slash-and-burn agriculture in Eastern Paraguay. *Plant Ecology* 139: 155-165.
- _____. 1999. Forest recovery by root suckers and above-ground sprouts after slash-and-burn agriculture, fire and logging in Paraguay and Venezuela. *Journal of Tropical Ecology* 15: 143-157.
- Katz, E. 1995. Guatemala: Land tenure and natural resource management. Washington, DC, US, World Bank. 61 p.
- Kauffman, JB; Uhl, C; Cummings, DL. 1988. Fire in the Venezuelan Amazon .1. Fuel biomass and fire chemistry in the evergreen rainforest of Venezuela. *Oikos* 53: 167-175.
- Kellman, M; Tackaberry, R; Meave, J. 1996. The consequences of prolonged fragmentation: lessons from tropical gallery forests. *In* Schelhas, J; Greenberg, R. eds. *Forest Patches in Tropical Landscapes*. Washington, DC, US, Island Press. p. 37-58.
- Kleinman, PJA; Pimentel, D; Bryant, RB. 1995. The ecological sustainability of slash-and-burn agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 52: 235-249.
- Lamb, D. 1998. Large-scale ecological restoration of degraded tropical forest lands: the potential role of timber plantations. *Restoration Ecology* 6: 271-279.
- Laurance, WF. 1991. Ecological correlates of extinction proneness in Australian tropical rain forest mammals. *Conservation Biology* 5: 79-89.
- Levy-Tacher, SI. 2000. Sucesión Causada por Roza-Tumba-Quema en las Selvas de Lacanhá, Chiapas. Tesis Ph.D. Montecillo, Texcoco, MX, Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, Colegio de Posgraduados.
- Lovejoy, TE; Bierregaard Jr, RO; Rylands, AB; Malcolm, JR; Quintela, CE; Harper, LH; Brown Jr., KS; Powell, AH; Powell, GVN; Schubart, HOR; Hays, MB. 1996. Edge and other effects of isolation on Amazon forest fragments. *In* Soulé, ME. ed. *Conservation Biology*. Sunderland, MA, US, Sinauer. p. 257-285.
- Lugo, AE. 1997. The apparent paradox of reestablishing species richness on degraded lands with tree monocultures. *Forest Ecology and Management* 99: 9-19.
- Mann, CC. 2000. The good earth: did people improve the Amazon basin? *Science* 287: 788.
- Martínez-Garza, C; Howe, HF. 2003. Restoring tropical diversity: beating the time tax on species loss. *Applied Ecology* 40: 423-429.
- Mas, AH; Dietsch, TV. 2003. An index of management intensity for coffee agroecosystems to evaluate butterfly species richness. *Ecological Applications* 13: 1491-1501.
- Matson, PA; Parton, WJ; Power, AG; Swift, MJ. 1997. Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science* 227: 504-509.
- Medellín, RA; Equihua, M. 1998. Mammal species richness and habitat use in rainforest and abandoned agricultural fields in Chiapas, Mexico. *Journal of Applied Ecology* 35: 13-23.
- _____; Gaona, O. 1999. Seed dispersal by bats and birds in forest and disturbed habitats of Chiapas, Mexico. *Biotropica* 31: 478-485.
- Miller, PM. 1999. Effects of deforestation on seed banks in a tropical deciduous forest of western Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 15: 179-188.
- Moguel, P; Toledo, VM. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology* 13: 11-21.
- Montagnini, F; Mendelsohn, RO. 1997. Managing forest fallows: improving the economics of swidden agriculture. *Ambio* 26: 118-123.
- Murcia, C. 1996. Forest fragmentation and the pollination of Neotropical plants. *In* Schelhas, J; Greenberg, R. eds. *Forest patches in tropical landscapes*. Washington, DC, US, Island Press. p. 19-36.
- Murgueitio, E; Calle, Z. 1998. Diversidad biológica en sistemas de ganadería bovina en Colombia. *In* Rosales, M; Murgueitio, E; Osorio, H; Sánchez, MD; Speedy, A. eds. *Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica* (conferencia electrónica). Disponible en <http://lead.virtualcentre.org/es/ele/conferencia1/Murguei3.htm>.
- Myers, N. 1992. *The primary source: Tropical forests and our future*. New York, US, WW Norton. 416 p.
- Naranjo, LG. Sistemas agroforestales para la producción pecuaria y la conservación de la biodiversidad. *In* Potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios ambientales (LEAD-PFI-ECONF-L) (conferencia electrónica). Disponible en <http://lead.virtualcentre.org/es/ele/conferencia2/vbconfe18.htm>
- Nations, JD; Nigh, RB. 1980. The evolutionary potential of Lacandon Maya sustained-yield tropical forest agriculture. *Journal of Anthropological Research* 36: 1-30.

- _____; Primack, RB; Bray, D. 1998. Introduction: the Maya forest. In Primack, RB; Bray, D; Galletti, HA; Ponciano, I. eds. Timber, tourists, and temples: Conservation and development in the Maya forest of Belize, Guatemala, and Mexico. Washington, DC, US, Island Press. p. xiii-xx.
- Navas C, A; Restrepo S, C. 2001. Frutos de leguminosas arbóreas: una alternativa nutricional para ganaderías en el trópico. In Potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios ambientales (LEAD-PFI-ECONF-L) (conferencia electrónica). Disponible en <http://lead.virtualcentre.org/es/ele/conferencia2/vbconfe16.htm>.
- Nepstad, D; Uhl, C; Serrão, EA. 1990. Surmounting barriers to forest regeneration in abandoned, highly degraded pastures: a case study from Paragominas, Pará, Brazil. In Anderson, AB. ed. Alternatives to Deforestation. New York, US, Columbia University Press. p. 215-229.
- _____; Uhl, C; Pereira, CA; Da Silva, JMC. 1996. A comparative study of tree establishment in abandoned pasture and mature forest of eastern Amazonia. *Oikos* 76.
- Netting, RM. 1993. Smallholders, householders: Farm families and the ecology of intensive, sustainable agriculture. Stanford, US, Stanford University Press. 389 p.
- Newmark, WD. 1996. Insularization of Tanzanian parks and the local extinction of large mammals. *Conservation Biology* 10: 1549-1556.
- Odum, EP. 1969. The strategy of ecosystem development. *Science* 164: 262-270.
- Opler, PA; Baker, HG; Frankie, GW. 1975. Recovery of tropical lowland forest ecosystems. In Cairns Jr, J; Dickson, KL; Herricks, EE. eds. Recovery and restoration of damaged ecosystems. Charlottesville, US, University Press of Virginia. p. 379-421.
- Palma, E. 2000. Cómo vivir mejor de nuestras parcelas: permacultura petenera. Guatemala, GT, CARE y Cooperación Austríaca para el Desarrollo. 146 p.
- Parrotta, JA. 1992. The role of plantation forests in rehabilitating degraded tropical ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 41: 115-133.
- Perfecto, I; Rice, RA; Greenberg, R; Van der Voort, ME. 1996. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. *BioScience* 46: 598-608.
- _____; Snelling, R. 1995. Biodiversity and the transformation of a tropical agroecosystem: ants in coffee plantations. *Ecological Applications* 5: 1094-1097.
- Quintana-Ascencio, PF; González-Espinosa, M; Ramírez-Marcial, N; Dominguez-Vázquez, G; Martínez-Icá, M. 1996. Soil seed banks and regeneration of tropical rain forest from milpa fields at the Selva Lacandona, Chiapas, Mexico. *Biotropica* 28: 192-209.
- Raintree, JB; Warner, K. 1986. Agroforestry pathways for intensification of shifting agriculture. *Agroforestry Systems* 4: 39-54.
- Raman, TRS. 2001. Effect of slash-and-burn shifting cultivation on rainforest birds in Mizoram, Northeast India. *Conservation Biology* 15: 685-698.
- Reining, C; Soza-Manzanero, C. 1998. Illuminating the Petén's throne of gold: the ProPetén experiment in conservation-based development. In Primack, RB; Bray, D; Galletti, HA; Ponciano, I. eds. Timber, tourists, and temples: Conservation and development in the Maya forest of Belize, Guatemala, and Mexico. Washington, DC, US, Island Press. p. 365-388.
- Rivera, LW; Aide, TM. 1998. Forest recovery in the karst region of Puerto Rico. *Forest Ecology and Management* 108: 63-75.
- _____; Zimmerman, JK; Aide, TM. 2000. Forest recovery in abandoned agricultural lands in a karst region of the Dominican Republic. *Plant Ecology* 148: 115-125.
- Rodríguez Lara, MR. 2001. Los incendios forestales en el departamento del Petén, Guatemala. *Revista Forestal Centroamericana* 2001:35-37.
- Sader, SA. 1995. Spatial characteristics of forest clearing and vegetation regrowth as detected by Landsat Thematic Mapper Imagery. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 61: 1145-1151.
- _____; Reining, C; Sever, T; Soza, C. 1997. Human migration and agricultural expansion: a threat to the Maya tropical forests. *Journal of Forestry*. December, 1997. p. 27-32.
- Saldarriaga, JG; West, DC; Tharp, ML; Uhl, C. 1988. Long-term chronosequence of forest succession in the upper Rio Negro of Colombia and Venezuela. *The Journal of Ecology* 76: 938-958.
- Sánchez, MD. Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en Latinoamérica tropical. In Rosales M; Murgueitio, E; Osorio, H; Sánchez, MD; Speedy, A. eds. Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica (conferencia electrónica). Disponible en <http://lead.virtualcentre.org/es/ele/conferencia1/sanchez1.htm>.
- Schelhas, J. 1996. Land-use choice and forest patches in Costa Rica. In Schelhas, J; Greenburg, R. eds. Forest patches in tropical landscapes. Washington, DC, US, Island Press. p. 258-284.
- Schroth, G; da Fonseca, GAB; Harvey, CA; Gascon, C; Vasconcelos, HL; Izac, AMN; Angelsen, A; Finnegan, B; Kaimowitz, D; Krauss, U; Laurance, SG; Laurance, WF; Nasi, R; Naughton-Treves, L; Niessen, E; Richardson, DM; Somarriba, E; Tucker, NIJ; Vincent, G; Wilkie, DS. 2003. Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes— a synthesis. In Schroth, G; da Fonseca, GAB; Harvey, CA; Gascon, C; Vasconcelos, HL; Izac, AMN. eds. Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes. Washington, DC, US, Island Press.
- Schwartz, NB. 1995. Colonization, development, and deforestation in Petén, northern Guatemala. In Painter, M; Durham, W. eds. The social causes of environmental destruction in Latin America. Ann Arbor, US, University of Michigan Press. p. 101-130.
- _____. 2000. El avance de la frontera organizacional: notas para una nueva historia social (1960-1998). In Nuevas perspectivas de desarrollo sostenible en Petén. Guatemala, GT, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO). p. 27-50.
- Shriar, A. 1999. Resource conservation and rural neglect: an example from Petén, Guatemala. *Delaware Review of Latin American Studies* 1. Disponible en <http://www.udel.edu/LASP/index.html>.
- _____. 2001. The dynamics of agricultural intensification and resource conservation in the buffer zone of the Maya Biosphere Reserve, Petén, Guatemala. *Human Ecology* 29: 27-48.
- Snook, LK. 1998. Sustaining harvests of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) from Mexico's Yucatán forests: past, present, and future. In Primack, RB; Bray, DB; Galletti, HA;

- Ponciano, I. eds. Timber, tourists, and temples. Washington, DC, US, Island Press. p. 61-80.
- Soule, J; Carré, D; Jackson, W. 1990. Ecological impact of modern agriculture. *In* Carroll, CR; Vandermeer, JH; Rosset, PM. eds. Agroecology. New York, US, McGraw-Hill. p. 165-188.
- Soza Manzanero, CA. 1996. Factores que inciden en la conciencia ecológica de los habitantes de la reserva de la Biosfera Maya en el Departamento de El Petén. Tesis Licenciatura. Guatemala, GT, Facultad de Humanidades, Universidad de San Carlos de Guatemala. 196 p.
- Sundberg, J. 1998. NGO landscapes in the Maya biosphere reserve, Guatemala. *The Geographical Review* 88: 388-412.
- Swift, MJ; Vandermeer, JH; Ramakrishnan, R; Anderson, JM; Ong, C; Hawkins, B. 1996. Biodiversity and agroecosystem function. *In* Mooney, HA; Lubchenco, J; Dirzo, R; Sala, OE. eds. Biodiversity and ecosystem function. Cambridge, Cambridge University Press. p. 433-443.
- Szott, L; Ibrahim, M; Beer, J. 2000. The hamburger connection hangover: cattle pasture, land degradation and alternative land use in Central America. Turrialba, CR, CATIE. 71 p.
- The Nature Conservancy. 2004. Maya Forest. Disponible en <http://nature.org/wherework/northamerica/mexico/work/art8622.html>.
- Tilman, D. 1999. Global environmental impacts of agricultural expansion: The need for sustainable and efficient practices. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 96: 5995-6000.
- Uhl, C. 1982. Recovery following disturbances of different intensities in the Amazon rain forest of Venezuela. *Interciencia* 7:19-24.
- _____. 1987. Factors controlling succession following slash-and-burn agriculture in Amazonia. *Journal of Ecology* 75: 377-407.
- _____; Buschbacher, R; Serrão, EAS. 1988. Abandoned pastures in eastern Amazonia. I. Patterns of plant succession. *Journal of Ecology* 76: 663-681.
- _____; Clark, H; Clark, K; Maquirino, P. 1982. Successional patterns associated with slash-and-burn agriculture in the Upper Rio Negro Region of the Amazon Basin. *Biotropica* 14: 249-254.
- _____; Kauffman, JB. 1990. Deforestation, fire susceptibility, and potential tree responses to fire in the eastern Amazon. *Ecology* 71: 437-449.
- _____; Nepstad, D; Buschbacher, R; Clark, K; Kauffman, B; Subler, S. 1989. Disturbance and regeneration in Amazonia: lessons for sustainable land-use. *The Ecologist* 19: 235-240.
- _____; Nepstad, D; Buschbacher, R; Clark, K; Kauffman, B; Subler, S. 1990. Studies of ecosystem response to natural and anthropogenic disturbances provide guidelines for designing sustainable land-use systems in Amazonia. *In* Anderson, A. eds. Alternatives to deforestation: Steps to sustainable use of the Amazon rainforest. New York, US, Columbia University Press. p. 24-42.
- Vandermeer, J. 1992. The ecology of intercropping. Cambridge, UK, Cambridge University Press. 256 p.
- _____; Perfecto, I. 1997. The agroecosystem: a need for the conservation biologist's lens. *Conservation Biology* 11: 591-592.
- _____; van Noordwijk, M; Anderson, J; Ong, C; Perfecto, I. 1998. Global change and multi-species agroecosystems: Concepts and issues. *Agriculture Ecosystems & Environment* 67: 1-22.
- _____. ed. 2003. Tropical Agroecosystems. Boca Raton, FL, US, CRC Press. 304 p.
- Vieira, ICG; Uhl, C; Nepstad, D. 1994. The role of the shrub *Cordia multispicata* Cham. as a 'succession facilitator' in an abandoned pasture, Paragominas, Amazônia. *Vegetatio* 115: 91-99.
- Villafuerte, D; García, MdC; Meza, S. 1997. La cuestión ganadera y la deforestación: viejos y nuevos problemas en el trópico y Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, MX, Universidad de Ciencias y Artes del Estado de Chiapas. 215 p.
- Western, D; Benirschke, K; Berger, J; Janzen, DH; Hallwachs, W; Meffe, GK; Myers, N; Newmark, WD; Woodruff, DS; Bradbury, J; Raven, PH; Norman, C. 1998. Wildlife conservation in Kenya. *Science* 280: 1507, 1509-1511.
- Whitacre, DF. 1998. The Peregrine Fund's Maya Project: ecological research, habitat conservation, and development of human resources in the Maya Forest. *In* Primack, RB; Bray, D; Galletti, HA; Ponciano, I. eds. Timber, tourists, and temples: Conservation and development in the Maya forest of Belize, Guatemala, and Mexico. Washington, DC, US, Island Press. p. 241-266.
- _____; Madrid M, J; Marroquín V, C; Dubón O, T; Jurado, NO; Sutter, WR; Baker, AJ. 1995a. Slash-and-burn farming and bird conservation in northern Petén, Guatemala. *In* Wilson, MH; Sader, SA. Conservation of neotropical migratory birds in Mexico. Maine Agricultural and Forest Experiment Station. p. 215-225. (Misc. Pub. no. 727).
- _____; Schulze, M; Seavy, N. 1995b. Habitat affinities of a Central American forest avifauna: implications for conservation in Neotropical slash-and-burn farming landscapes. Technical report to the U.S. Man and the Biosphere Program. Boise, Idaho, US, The Peregrine Fund.
- Zahawi, RA; Augspurger, CK. 1999. Early plant succession in abandoned pastures in Ecuador. *Biotropica* 31: 540-552.

DetECCIÓN DEL VIROIDE DE LA EXOCORTIS EN UNA PLANTACIÓN COMERCIAL DE NARANJA DULCE, UTILIZANDO LA SELECCIÓN 861-S1 DEL CIDRO 'ETROG' (*CITRUS MEDICA* L.)

William Villalobos¹
 Lisela Moreira^{1,2}
 Víctor H. Alfaro³
 Gustavo Yglesias³
 Carmen Rivera^{1,4}

RESUMEN. La prueba de infectividad empleada tradicionalmente para el viroide de la exocortis consiste en injertar yemas de los árboles por evaluar en clones sensibles, como el cidro Arizona 861-S1, el cual ha sido previamente injertado en un patrón vigoroso (limón rugoso). En este trabajo informamos una variación de este tipo de prueba. Aprovechando las condiciones favorables de temperatura y humedad que se dan en los países tropicales, se pueden obtener fácilmente y en menor tiempo síntomas de viroides en el campo, injertando yemas del cidro 'Etrog' directamente en los árboles que se desea analizar. Esta prueba será de utilidad para productores y viveristas, ya que contarán con un medio sencillo y barato para discriminar los árboles que presentan infección con viroides. Un árbol de 'Etrog' puede suplir gran cantidad de yemas para probar muchos árboles en el campo, mientras que con el método tradicional es necesario contar con una gran cantidad de árboles del cidro injertados sobre limón rugoso, y se requiere, además, de áreas o instalaciones adecuadas para el mantenimiento de éstos. Sin embargo, la prueba de detección que se describe no cuenta con la sensibilidad y especificidad de los análisis moleculares. Estos son indispensables para todos aquellos árboles en los que las yemas de cidro injertadas no muestren síntomas, ya que árboles con baja concentración de viroides podrían escapar a la prueba de infectividad.

Palabras clave: cidro 'Etrog'; detección de viroides, exocortis de los cítricos.

ABSTRACT. Detection of CEVd in an orange grove using the Arizona 861-S1 selection of the 'Etrog' citron. Indexing for CEVd in symptomless hosts is usually done by graft inoculation on sensitive clones such as 'Etrog' citron Arizona 861-S1, budded on a vigorous rootstock (rough lemon). We report here a modification of this test, consisting of grafting trees directly in the field instead of using plants in greenhouse conditions. The favorable temperature and humidity conditions in the Tropics allow symptom development in the field when 'Etrog' citron is employed as an indicator. The 'Etrog' citron buds are grafted directly to the trees to be tested. This test is simple, inexpensive and allows earlier detection of trees infected with viroids than more traditional indexing methods. 'Etrog' trees can supply budwood for testing a large number of trees in the field, whereas the traditional method requires many young 'Etrog' trees grafted on rough lemon and adequate greenhouse facilities for maintenance. However, this test is not as sensitive as molecular methods and trees with low viroid concentrations may escape detection; therefore, laboratory analyses are required for trees in which the 'Etrog' indicator does not show symptoms.

Keywords: Citrus exocortis, 'Etrog' citron, viroid detection.

¹ Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular, Universidad de Costa Rica, Costa Rica. williamv@cariari.ucr.ac.cr, crivera@racsa.co.cr

² Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica, Costa Rica. lmoreira@cariari.ucr.ac.cr

³ Ticofrut S.A., Aguas Zarcas de San Carlos, Alajuela, Costa Rica. valfaro@ticofrut.com, gyglesias@ticofrut.com

⁴ Facultad de Microbiología, Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

Introducción

A nivel mundial, se han descrito cinco especies de viroides que afectan a los cítricos: "Citrus exocortis viroid" (CEVd), "Citrus bent leaf viroid" (CBLVd, ex CVd-I), "Hop stunt viroid" (HSVd, ex CV-II), "Citrus viroid III" (CVd-III) y "Citrus viroid IV" (CV-IV), siendo los más importantes *Exocortis* (CEVd) y *Cachexia-Xiloporosis* (HSVd) (Semancik *et al.* 1988, Durán-Vila 1989a). El viroide de la exocortis puede infectar la mayoría de las especies de cítricos y algunas especies herbáceas, tales como el pepino (*Cucumis sativus*), ginura (*Gynura aurantiaca*), tomate (*Lycopersicon esculentum*) y crisantemo (*Chrysanthemum morifolium*), las cuales pueden emplearse como plantas indicadoras (Durán-Vila 1989b).

Las especies de cítricos más sensibles son la naranja trifoliada (*Poncirus trifoliata*), sus híbridos los citranges 'Troyer' y 'Carrizo', la lima Rangpur (*Citrus limonia*) y el cidro 'Etrog'. Cualquier variedad injertada sobre un patrón sensible es un árbol sensible a la exocortis (Durán-Vila 2000). En las especies sensibles este viroide induce enanismo, corteza agrietada verticalmente y descamación (Semancik y Weathers 1972); puede destruir los árboles de los cítricos mencionados y, cuando se emplean como patrones, también afectan el desarrollo de las especies que normalmente no son susceptibles, como es el caso de la naranja dulce. Esta enfermedad se encuentra ampliamente distribuida en la mayoría de los países que tienen explotaciones cítricas comerciales (Whiteside *et al.* 1996). El viroide de la exocortis se transmite mecánicamente por utensilios de poda contaminados, ya que permanece estable en estos por varios días; sin embargo, la manera más importante de propagación es el trasiego de material de propagación infectado (varetas), aunque este carezca de síntomas.

Para determinar de forma rápida y específica si las plantas se encuentran infectadas, se utilizan principalmente las técnicas de electroforesis de ácidos nucleicos, hibridaciones con sondas marcadas y la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) con imprimadores específicos (Docampo y Lenardon 1999). Aunque usualmente no tardan más de una semana, estas técnicas requieren de personal y equipo especializado, y generalmente implican altos costos. Para la mayoría de los agricultores muchas veces se hace difícil costear estos análisis o desplazarse a los sitios donde se realizan.

Para el diagnóstico de los viroides de cítricos también se llevan a cabo inoculaciones mecánicas, empleando plantas herbáceas como indicadoras o injertos en plantas leñosas, los que desarrollan síntomas transcurridas varias semanas o meses (Diener 1987). Para lograr el desarrollo de síntomas adecuados, se debe mantener las plantas indicadoras en invernaderos o cámaras de crecimiento con temperaturas altas. El cidro 'Etrog' es una de las mejores plantas indicadoras diagnósticas de estos patógenos, ya que presenta síntomas para la mayoría de ellos (Durán-Vila y Semancik 2003). Como método tradicional, las yemas de árboles sospechosos se injertan en la corteza del cidro 'Etrog', el cual previamente se ha injertado sobre limonero rugoso (*Citrus jambhiri* Lush.). Por lo general, la aparición de síntomas se observa bien al cabo de seis meses, con temperaturas de 26-32 °C (Durán-Vila 1989c). Los síntomas de los viroides en el cidro 'Etrog' sobre limón rugoso son enanismo, epinastía de hojas y, en casos severos, provoca necrosis y muerte de los brotes tiernos (Moreno y Durán-Vila 1989, Durán-Vila 2000). La única excepción es la especie HSVd, donde se agrupan las variantes que inducen la cachexia-xiloporosis, que induce en 'Etrog' síntomas muy leves o imperceptibles, por lo que se prefiere como planta indicadora la mandarina 'Parson's Special'.

En este trabajo se propone una modificación al método tradicional, la cual consiste en injertar en el campo yemas del cidro 'Etrog' directamente sobre las ramas de los árboles en los que se desea determinar la presencia de infección con viroides, y así seleccionar aquellos árboles que se encuentran libres para utilizarlos como fuente de yemas.

Materiales y métodos

Ubicación y elección de la parcela

El ensayo se desarrolló durante 1999, en una finca comercial ubicada en Boca Arenal de San Carlos, Costa Rica. La finca se encuentra sembrada de naranja dulce, variedad 'Valencia' injertada sobre 'Carrizo' y con 10 años de edad. En la zona este de la finca experimental se ubicó una parcela con 50 árboles, distribuidos en cinco filas, de diez árboles cada una. Se seleccionó esta zona ya que en ella se encontraron algunos árboles con síntomas típicos de la enfermedad, como descamación y agrietamiento de la corteza del patrón (Fig.1A), además de enanismo (Fig. 1B).



Figura 1. A. Síntomas de descamación severa observados en el patrón de árboles de naranja dulce 'Valencia' sobre 'Carrizo'. B. Árboles enanos de naranja dulce 'Valencia' presentes en la parcela en estudio.

Injerto

Los árboles de la parcela se injertaron con yemas del cidro 'Etrog' provenientes del vivero de la empresa. Los injertos fueron del tipo yema o escudete, para lo cual se utilizaron yemas con madera. Estas se introdujeron mediante corte de T o T invertida en las ramas de los árboles en estudio y luego se cubrieron con una banda de plástico (Agustí 2000). Se realizaron cuatro injertos por árbol, uno por cada punto cardinal, para abarcar la mayor parte del follaje, pensando en la posibilidad de que el viroide presentara una distribución heterogénea en el árbol. El injerto estuvo cubierto con plástico durante cuatro semanas; posterior a ello se eliminó el plástico y una semana más tarde se cortó el extremo apical de cada una de las ramas portadoras de los injertos. El corte se realizó a una distancia de aproximadamente 1 ó 2 cm sobre la yema injertada, con la finalidad de estimular su crecimiento. Para no propagar la enfermedad a los árboles sanos, los utensilios de corta empleados para la toma de yemas, injertos y cortes posteriores fueron desinfectados con hipoclorito de sodio al 1% (Durán-Vila y Moreno 2000). Todos los injertos se inspeccionaron semanalmente, durante 12 semanas, para determinar la aparición de síntomas.

Evaluación de los brotes de los injertos mediante hibridación

Una vez que se observaron síntomas en los brotes de las yemas injertadas, se recolectaron muestras de todos los árboles (como mínimo dos injertos por árbol) y se analizaron en el laboratorio, mediante la técnica de hibridación con una sonda fría específica para el viroide de la exocortis, siguiendo el protocolo usado por Villalobos *et al.* (1997).

Comparación de los síntomas observados con los resultados de la hibridación

Se compararon los resultados obtenidos en el laboratorio con los síntomas observados en el campo, para determinar si existe una relación entre ambos y corroborar si los brotes de aspecto sano no eran portadores asintomáticos y si los síntomas observados correspondían a la presencia del viroide o se debían a una mala apreciación visual, por sintomatología inducida por daño físico, producto de signos de alimentación de insectos (como los áfidos) o a la presencia de ácaros.

Resultados y discusión

Los síntomas en los brotes de las yemas injertadas fueron evidentes entre 5 y 10 semanas después de realizado el injerto. De los 50 árboles injertados, 14 presentaron hibridación positiva con la sonda específica para la exocortis (Fig. 2). De estos 14, cuatro presentaban apariencia sana y no desarrollaron síntomas en las yemas, mientras los diez restantes sí los desarrollaron. De los diez árboles que presentaron síntomas en las yemas, ocho presentaban características de la exocortis y los dos restantes presentaban aspecto normal (Cuadro 1). Los 36 árboles restantes presentaban desde el inicio aspecto normal, y las yemas del cidro injertadas no presentaron ningún tipo de desarrollo anormal que hiciera sospechar la presencia de viroides. Además, las muestras provenientes de éstos no hibridaron con la sonda específica para el viroide de la exocortis.

Los ensayos realizados en este estudio permitieron corroborar que el cidro 'Etrog' es una planta hospedante adecuada para concentrar los viroides, en especial el clon Arizona 861-S1, el cual fue seleccionado

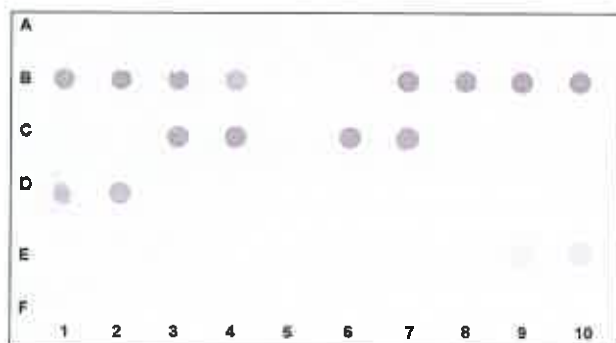


Figura 2. Membrana que muestra la hibridación de las 50 muestras del cidro 'Etrog' injertado sobre naranja 'Valencia' y revelado con la sonda específica para exocortis marcada con digoxigenina. Muestras de cidro en filas A, B, C, D y F. Controles negativos en fila E de 1 a 6; controles positivos en E9 y E10.

entre un gran número de clones y es considerado como la opción más sensible (Roistacher 1991). En la parcela en estudio, esto se evidenció tanto en árboles con síntomas (enanos y con descamación en la corteza del patrón) así como en aquellos infectados y de apariencia sana, que desarrollaron síntomas en los brotes del injerto (Fig. 3) y en los cuales se comprobó mediante hibridación la presencia de exocortis. Sin embargo, es probable que algunos árboles con apariencia sana tengan muy baja concentración de viroides como para inducir síntomas en el cidro, pero que sí son detectados con la sonda específica para el CEVd (Cuadro 1). Como ya se mencionó, el desarrollo de síntomas y su severidad están influenciados por la raza del CEVd, la edad del árbol en el momento de la infección y las condiciones ambientales (Durán-Vila y Semancik 2003). Cabe mencionar que los síntomas que presenta el cidro podrían ser el producto de diferentes combinaciones de viroides (Durán-Vila y Moreno 2000). Por lo tanto, esta técnica no permite identificar las diferentes combinaciones de viroides mediante el asocio con los diferentes síntomas que se presentan; para esto, es necesario complementar con



Figura 3. Brotes de cidro 'Etrog' injertados en árboles de naranja 'Valencia', mostrando aspecto sano (A) y epinastía causada por viroides (B), 10 semanas después del injerto.

los análisis moleculares. A pesar de que la detección en campo del viroide de la exocortis puede ser de gran utilidad para el agricultor, se limita a países tropicales donde las temperaturas son elevadas durante casi todo el año y los árboles se mantienen en continuo cre-

Cuadro 1. Resultados de la hibridación con una sonda fría, específica para CEVd, en los injertos y relación con síntomas.

Total de árboles	Árboles con patrón presentando descamación, agrietamiento y porte enano	Hibridación con sonda para CEVd	Síntomas en cidro 'Etrog'
8	Sí (8/50)	Positivo	Sí (8/50)
2	No (2/50)	Positivo	Sí (2/50)
4	No (4/50)	Positivo	No (4/50)
36	No (36/50)	Negativo	No (36/50)

cimiento, circunstancias que permiten a las yemas del cidro aprovechar el vigor del árbol para su desarrollo y concentración del viroide. Sin embargo, la rapidez para expresar los síntomas puede depender de la variedad del cítrico y de su nutrición.

También se observó que al menos el viroide de la exocortis presentó una distribución muy homogénea en la planta, ya que no hubo diferencias en los resultados obtenidos al analizar con la sonda una, dos o las cuatro yemas injertadas.

Con este trabajo se pretende dar a conocer la posibilidad de realizar un diagnóstico general de viroides en el campo, mediante un método de injerto rápido y barato, ya que con las yemas de uno o pocos árboles del cidro 'Etrog' se pueden injertar muchos árboles. Además, el método propuesto puede servir como base para la selección preliminar de material libre de viroides en el futuro, para la mayoría de países de la región centroamericana, que no cuentan con material certificado como libre de enfermedades transmitidas por injerto, ni con técnicas moleculares para su detección.

Agradecimiento

Los autores agradecen a la empresa Ticofrut S.A. por facilitar su espacio físico y personal; al personal del vivero de Ticofrut S.A. por su ayuda durante el proceso de injerto y al Ing. Bolívar Torres por su constante apoyo. Además, agradecen a la Dra. Rose Hammond por su ayuda en la elaboración de las sondas específicas para la detección de viroides, y a la Dra. N. Durán-Vila por la revisión y sugerencias realizadas al manuscrito.

Literatura citada

- Agustí, M. 2000. Citricultura. España, Ediciones Mundi-Prensa. 416 p.
- Diener, TO. 1987. The Viroids. New York, US, Olenum Press. p. 235-245.
- Docampo, DM; Lenardón, SL. 1999. Métodos para detectar patógenos sistémicos. Argentina, Editorial INTA. 178 p.
- Durán-Vila, N. 1989a. Enfermedades de los cítricos producidas por viroides: la exocortis y la cachexia-xyloporosis. *Fruticultura Profesional* 25:57-64.
- _____. 1989b. Enfermedades producidas por viroides: la exocortis de los cítricos. *Phytoma* 7:19-25.
- _____. 1989c. Los viroides como agentes fitopatógenos. *Phytoma* 5:15-21.
- _____. 2000. Enfermedades producidas por viroides y agentes similares. In Durán-Vila, N; Moreno, P. eds. *Enfermedades de los cítricos*. España, Ediciones Mundi-Prensa. p. 87-92.
- _____; Semancick, JS. 2003. Citrus Viroids In Hadidi, A; Flores, R; Randles, JW; Semancik, JS. eds. *Viroids*. Australia, CSIRO Pub. p. 178-193.
- Moreno, P; Durán-Vila, N. 1989. Enfermedades producidas por viroides: la Cachexia (xyloporosis) de los cítricos. *Phytoma* 12:29-37.
- Romero-Durbán, J; Cambra, M; Durán-Vila, N. 1995. A simple imprint-hybridization method for detection of viroids. *J. Virol. Meth.* 55:37-47.
- Roistacher, CN. 1991. Graft-transmissible diseases of citrus. *Handbook for detection and diagnosis*. Roma, IT, FAO. 286 p.
- Semancik, JS; Weathers, LW. 1972. Exocortis diseases: evidence for a new species of infection low molecular weight RNA in plants. *Nature New Biology* 237:242-244.
- _____; Roistacher, CN; Rivera-Bustamante, R; Durán-Vila, N. 1988. Citrus cachexia viroid, a new viroid of citrus: relationship to viroids of the exocortis diseases complex. *Journal of General Virology* 69:3059-3068.
- Villalobos, W; Rivera, C; Hammond, RW. 1997. Ocurrence of citrus viroids in Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 45:983-987.
- Whiteside, JO; Garnsey, SM; Timmer, LW. 1996. Plagas y enfermedades de los cítricos. España, Ediciones Mundi-Prensa. 80 p.

Cómo medir la calidad de los abonos orgánicos

Gabriela Soto¹
Gloria Meléndez²

Introducción

La producción y el uso de abonos orgánicos están en aumento. En un diagnóstico realizado el presente año en Costa Rica, se estimó que la producción anual de abonos orgánicos asciende a las 200700 toneladas, mientras que en Nicaragua se reportaron alrededor de 23900 toneladas, incluyendo compost, lombricompost y gallinaza tratada (Soto 2004). En Estados Unidos, la XIV Encuesta Nacional de Manejo de Desechos Municipales reportó un reciclaje de desechos orgánicos de 59,3 millones de toneladas para el año 2002 (Kaufman *et al.* 2004).

Tanto los productores orgánicos como los convencionales han observado las ventajas de la utilización de abonos orgánicos en sus suelos y cultivos. Las dos actividades agrícolas que están utilizando los mayores volúmenes de estos abonos en Costa Rica son las plantaciones bananeras y el café, en gran parte motivadas por las nuevas certificaciones del mercado que instan a los productores a buscar alternativas más sostenibles.

Los pequeños agricultores, en su mayoría, producen sus propios abonos, pero las grandes y medianas plantaciones, así como los decoradores de jardines y campos de golf, adquieren sus abonos del mercado, lo que ha incrementado la producción comercial de los mismos.

Tanto pequeños agricultores como los productores de abonos a escala comercial deben monitorear la calidad del producto para asegurar una respuesta constante en el tiempo y no afectar en forma negativa el mercado con calidades variables. En el diagnóstico realizado en Costa Rica y Nicaragua se reportó una gran variabilidad en las estrategias de monitoreo, siendo la mayoría visuales, y solo en un 5% se realizan análisis periódicos de laboratorio (Soto 2004).

El presente documento discute alternativas de monitoreo de calidad. Las opciones más adecuadas variarán según las condiciones de cada productor, pero una estandarización de metodologías es valiosa para la comparabilidad de los abonos.

¿Qué es un abono orgánico?

Antes que nada, es importante definir en este documento a qué se le denomina abono o fertilizante orgánico. Se considera un abono orgánico todo material de origen animal o vegetal que se utilice principalmente para mejorar las características del suelo, como fuente de vida y nutrientes al suelo. Entre los abonos orgánicos, los más conocidos son el compost, el bocashi y el lombricompost o lombrihumus, pero también son comúnmente utilizados las aplicaciones de gallinaza y otros desechos vegetales frescos, como la pulpa del café (Fig. 1).



Figura 1. Tipos de abonos orgánicos utilizados en la región.

¹ Departamento de Agricultura y Agroforestería, CATIE, Costa Rica. gabisoto@catie.ac.cr

² Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica, Costa Rica. gmelende@cariari.ucr.ac.cr

El compost es el material resultante de la transformación de los residuos orgánicos en humus a través de una descomposición aeróbica.

El bocashi es un abono comúnmente utilizado en Centroamérica, cuya receta tiene origen japonés (Sasaki *et al.* 1994), pero que ha sido adaptada por los productores para su uso local (Soto 2003). Actualmente, se considera el bocashi como un receta que busca estimular las poblaciones microbianas en el abono, que mezcla en general materias primas de partícula pequeña (granza, gallinaza, carbón picado, semolina, suelo, etc.), que evita temperaturas mayores a los 45-50 °C, que se humedece solamente al inicio, y que se va secando mediante volteo frecuente, hasta estar listo para el almacenaje en una o dos semanas (Soto 2003). El bocashi presenta la característica de que, por ser un material sin terminar de compostar, al ser humedecido de nuevo vuelve a incrementar la temperatura, por lo que no se debe aplicar muy cerca de las plantas o las semillas (Cuadro 1).

¿Qué es un abono de buena calidad?

La calidad de un abono está dada por el uso que se le quiera dar. Lo que puede ser considerado como un abono de muy buena calidad para un productor de banano, puede ser considerado inefectivo o poco práctico para el productor de hortalizas. Algunos ejemplos de la variabilidad de criterios en la calidad de los abonos son:

— *Control de erosión:* el Departamento de Transportes de los Estados Unidos tiene normas de calidad para el compost que utiliza, siendo el tamaño de partícula uno de los principales criterios de selección, dado que la función prioritaria del compost es la protección de la erosión a orillas de las carreteras (Mitchell 1997).

- *Mejorador de la bioestructura del suelo:* para algunos investigadores, como Ana Primavesi, conocida ecóloga de suelos de Brasil, en el trópico húmedo no se debe invertir tanto esfuerzo en la producción de compost, sino que esta energía debería emplearse en la creación de sistemas que aporten desechos frescos, ya que solo así se lograría una mayor sostenibilidad y un mayor impacto en la bioestructura del suelo (Primavesi 1980, 2003). Igualmente, Suichi Okumoto, de la Escuela Agrícola del Trópico Húmedo (EARTH), recomienda hacer aplicaciones de abonos orgánicos a medio descomponer (bocashi, por ejemplo) y no de productos maduros, para lograr una mayor estimulación de la vida del suelo (comunicación personal).
- *Mejorador de las características del suelo sin daños de contaminación y al cultivo:* la madurez del compost se considera una característica muy importante para asegurar que no haya problemas de fitotoxicidad e inocuidad de los materiales.
- *Abonos de rápida liberación de nutrientes:* algunos productores prefieren una gallinaza sobre un compost, porque la tasa de liberación de nitrógeno es mucho más rápida, mientras que otros productores prefieren que la tasa de liberación sea lenta, para evitar las pérdidas de nutrientes y la posible contaminación de aguas subterráneas.

Dado que la calidad va a depender del usuario y de sus objetivos, en este documento se presentan las variables más comúnmente utilizadas para determinar la calidad de los abonos, así como los rangos que hasta la fecha se han considerado óptimos.

Cuadro 1. Comparación de las características de preparación y uso del compost y el bocashi.

Característica	Compost	Bocashi
Producto final	Materia orgánica estable	Materia orgánica en descomposición
Temperaturas máximas en proceso	65-70 °C	45-55 °C
Humedad	60% durante todo el proceso de compostaje	Se inicia con 60%, pero luego se deja secar el material
Frecuencia de volteo	Determinada por la humedad y la temperatura de la cama	Una a dos veces al día para evitar temperaturas muy altas
Duración del proceso	De 1 a 3 meses, dependiendo de la materia prima y la frecuencia de volteo	De 1 a 2 semanas
Temperatura luego de aplicado en campo	Estable	Material se recalienta al humedecerse de nuevo

Fuente: Soto (2003).

Cómo medir la calidad de los abonos orgánicos

A. Pruebas de laboratorio

El abono orgánico como fuente de nutrimentos

En la mayoría de los países de América Latina, el uso principal de los abonos orgánicos es como fertilizantes, especialmente como fuente de nutrimentos de lenta liberación. A continuación se describen los parámetros más comunes para determinar la calidad de un abono como fuente de nutrimentos:

1. Análisis químico de laboratorio de suelos

Al llevar los abonos orgánicos al laboratorio de suelos, los productores tienen la posibilidad de realizar dos tipos de análisis a sus abonos:

- a. *Análisis de suelo:* tradicionalmente, determina el contenido de nutrientes en la solución del suelo y los que entrarían rápidamente en la solución del suelo disponibles para las plantas. Utiliza una solución extractora que simula la capacidad de extraer de las plantas en el corto plazo. Dado que abonos como el compost y el lombricompost son de lenta solubilidad, este análisis subestima la capacidad total de liberar nutrientes de los abonos orgánicos en el largo plazo.
- b. *Análisis foliar o de digestión total:* este análisis es una digestión total de la muestra, por lo que va a determinar el contenido total de nutrientes. Sin embargo, como se sabe que la tasa de liberación de nutrimentos de los abonos no es tan rápida, este valor sobrestima el aporte de los abonos orgánicos en el corto plazo. Estudios de liberación de nutrientes a partir de abonos orgánicos, como compost de pulpa de café (Muñoz 2003), pulpa de naranja (Somarribas 2002) y estiércol vacuno (Castellanos y Prat 1982) han demostrado la lenta liberación de nutrientes en el tiempo, alcanzado valores de 10% de nitrógeno en 10 semanas en el caso del compost de pulpa de café, y de 5% en el caso de compost de estiércol vacuno.

Ante esta disyuntiva, la mayoría de los productores han optado por hacer análisis de nutrientes totales (análisis foliar), guiados sobre todo por los valores más altos que se generan, pero también por los requi-

sitos de registro de la Oficina de Sanidad Vegetal, que solicita contenidos totales de nutrimentos a los abonos orgánicos, como se hace para los fertilizantes químicos.

Se han definido niveles mínimos para la calidad de los abonos en forma general (Cuadro 2). Sin embargo, es necesario más detalle, donde se especifique el tipo de proceso (compost, bocashi, lombricompost) y el tipo de desecho que se utiliza.

Cuadro 2. Contenidos de niveles óptimos para abonos orgánicos.

Característica	Nivel óptimo
% nitrógeno	> 2
% fósforo	0,15 - 1,5
CICE (meq/100g)	75-100
C : N	< 20
Humedad	< 40%
Color	Negro a café oscuro
Olor	Tierra

Fuente: Paul y Clark (1996).

Con respecto al nitrógeno, que es un elemento frecuentemente utilizado como indicador de la calidad nutricional del abono, en Costa Rica se han ido estableciendo rangos de contenidos esperados por proceso y por materia prima. Por ejemplo, las gallinas en general tienen rangos de entre 1 y 3% de N, los bocashi varían entre 0,9 y 1,5% de N, el compost de 1 a 1,5% y el lombricompost de 1,5 a 2,5%. Es claro que estos datos variarán según el tipo de materia prima que se utilice. Por ejemplo, los desechos verdes caseiros dan contenidos que van del 0,8 al 1,2% de N, la pulpa o broza de café varían en rangos de 1,2 a 3,5% de N, mientras que la pulpa de banano o la pulpa de naranja dan rangos por debajo del 1,5%. Claro está que estos rangos van a variar según el manejo que se haga de la materia prima previo al compostaje, las mezclas de materiales, y el tipo de proceso.

2. Indicadores de madurez o estabilidad

Otra medida de la calidad de los abonos son los indicadores de madurez o estabilidad del producto. Los indicadores más comúnmente utilizados son:

- a. *Respiración:* la respiración es una medida de la actividad microbiana en el producto final. Si el material está estable, la actividad microbiana y las tasas de respiración serán menores (<2 mg CO₂/g SV t). Si el material está todavía a medio descomponer, la actividad microbiana, como es de esperar, será mayor (Cuadro 3).

Cuadro 3. Tabla de interpretación para la estabilidad de compost.

Tasa de respiración (mg CO ₂ /g SV t)	Estabilidad	Características
<2	Muy estable	Compost bien terminado. No continúa la descomposición. Sin producción de olor. Sin potencial para fitotoxicidad.
2-8	Estable	Compost terminado. Producción de olor poco probable. Limitado potencial de fitotoxicidad. Impacto negativo mínimo sobre la dinámica del C y N del suelo.
8-15	Moderadamente estable	Compost sin terminar. Producción de olor mínima. Potencial de fitotoxicidad. Impacto negativo mínimo moderado sobre la dinámica de C y N del suelo. No recomendado para semilleros.
15-40	Inestable	Compost sin terminar. Producción de olor. Alto potencial de fitotoxicidad. Alto potencial de tener un impacto negativo sobre la dinámica del C y N del suelo. No recomendado para semilleros, uso posible como <i>mulch</i> .
> 40	Material sin esterilizar	Material extremadamente inestable. Producción de olor esperada. Alto potencial para fitotoxicidad. Impacto negativo esperado sobre la dinámica de C y N del suelo. No recomendado como compost.

Fuente: US Composting Council (2004).

b. *Relación carbono : nitrógeno:* se considera un compost maduro el que tenga una relación < 20-25 (Compost Standards of Canada 2003). Este parámetro debe manejarse con cuidado, ya que algunas materias primas sin compostar, como la broza de café, pueden tener relaciones C:N similares. Se debe utilizar este parámetro como un indicador junto con otras variables de madurez.

c. *Relación amonio/nitratos:* esta relación varía dependiendo de las materias primas pero, en general, un compost inmaduro tendrá mayores niveles de amonio que de nitratos. En compost maduros, en estudios realizados por Hirai *et al.* (1983) se encontraron variaciones del 0,03 a 18,9 en la relación NH₄⁺-N/NO₃-N.

3. Humedad

La mayoría de los abonos orgánicos en Nicaragua y Costa Rica se comercializan con un 40% de humedad, con la excepción del bocashi y la gallinaza, comercializados con porcentajes de humedad por debajo del 20% (Soto 2004).

La selección de la mejor humedad para comercializar un producto es un balance de criterios entre la humedad mínima que favorezca la actividad microbiana y reducir los costos de transporte de materiales muy húmedos (Meléndez y Soto 2003). En general, se considera que los abonos orgánicos con un 40% presentan un buen balance entre estos dos factores.

4. Prueba de fitotoxicidad

La prueba de fitotoxicidad más comúnmente utilizada es la prueba de germinación (Cuadro 4), que resulta rápida, sencilla y poco costosa. Además, puede ser realizada por los agricultores en sus fincas.

Un procedimiento sencillo que puede realizarse en finca consiste en colocar una delgada capa de compost en un plato, humedecer el material adecuadamente y colocar un número conocido de semillas; taparlo con papel toalla húmedo y, una semana después, determinar el porcentaje de semillas germinadas. Es importante poner tratamientos control sin compost (solo papel toalla húmeda encima y debajo de las semillas) para determinar su capacidad de germinación.

Los laboratorios utilizan procedimientos más analíticos, evaluando el material a través de sus extractos impregnados en algún sustrato inerte. El tipo de semilla por utilizar varía según el laboratorio, incluyendo semillas de rábano o avena, por ejemplo. Lo importante es utilizar siempre el mismo tipo para establecer comparaciones en el tiempo. Algunos laboratorios utilizan además la longitud y peso seco de la radícula, que parece brindar más información que la simple germinación (Uribe 2003).

5. Contenido de materias externas

El contenido de materiales externos es una preocupación importante en países donde la materia prima predominante para el compostaje son los desechos orgánicos municipales. En estos casos no es tan raro observar la presencia de vidrios, plásticos, alambre,

etc. en el compost. En países donde los desechos utilizados provienen mayormente de la agroindustria, como la pulpa de naranja, banano o de café, esta situación no es tan frecuente.

Cuadro 4. Porcentajes de germinación permitidos en diferentes países.

País	Porcentaje límite de germinación
Australia ^(z)	Germinación mínima del 60% con semilla de rábano con un extracto al 100%.
Alemania	Germinación de al menos el 90% de semillas de avena en una mezcla compost: suelo del 25 al 50%.
Austria	Germinación del al menos el 80% de semillas de avena.
Canadá ^(v)	70% de germinación.

^(z) Fuente: Brinton (2000).

^(v) Fuente: Compost Canadian Council (2002).

Algunas normativas internacionales han establecido que materiales hechos por el hombre, como vidrio, metal y plástico, de más de 2-3 mm, deben ser eliminados del abono (Cuadro 5) (CQC 2003).

6. Inocuidad

La inocuidad de los abonos orgánicos se refiere a eliminar, en la medida de lo posible, la posibilidad de que un abono orgánico ocasione daños a la salud humana. Los principales riesgos provienen de la presencia de microorganismos patógenos (*Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia coli*, etc.) y el contenido de metales pesados.

Para la determinación de patógenos humanos, se utiliza el método de número más probable, con series de 5, en las diluciones de los abonos. Normalmente, se determinan coliformes fecales/*E. Coli* y *Salmonella*. Para compost que contiene biosólidos, la US EPA (Regulación 40 CFR Parte 503) estipula que solo los productos que cumplen con los límites de patógenos clase A pueden ser distribuidos o vendidos al público en general. Los biosólidos que califican como clase B



Volteo de pulpa de café en la compostera de Hugo Hermelink. Coopelibertad, Moravia, Costa Rica. 2003 (foto G. Soto).

son restringidos a suelos en sitios remotos con prácticas adecuadas de manejo y restricciones de acceso al público (Cuadro 6).

7. Metales pesados

El contenido de metales es una de la mayores preocupaciones de los países desarrollados. En gran parte, esto se debe a que muchos compost se elaboran a partir de lodos urbanos o biosólidos, que pueden tener altos contenidos de metales pesados. Los compost de desechos prioritariamente vegetales no presentan riesgos tan altos de contaminación.

Los niveles permitidos por los diferentes países han sido modificados frecuentemente, y pueden variar mucho de un país a otro. Es importante revisar la información más reciente y, si se quiere exportar abono a esos países, conocer la legislación específica (Cuadro 7).

En la encuesta realizada en Costa Rica y Nicaragua acerca de las mayores limitaciones para el monitoreo de la calidad que enfrentan los productores comerciales de abonos, una de las más frecuentes es la falta de laboratorios accesibles para la determinación de metales pesados (Soto 2004).

Cuadro 5. Contenidos máximos de materiales extraños permitidos en el compost según las normativas de diferentes países de la Unión Europea.

País	% de piedras permitidas/peso seco	Materiales extraños hechos por el hombre (% de peso seco)
Alemania	< 5% de partículas de > 5 mm	< 0,5% de partículas > 2 mm
Austria	< 3% de partículas de > 11 mm	< 2 % de partículas > 2 mm
Bélgica	< 2%	Sin contaminación visible, máximo 0,5% de partículas > 2 mm
Inglaterra	< 5% de partículas de > 2 mm	< 1 % de fracciones > 2 mm, < 0,5% si es plástico.
Francia	—	Máxima contaminación 20%, < 6 % de una fracción > 5 mm

Fuente: Brinton (2000).

Cuadro 6. Contenidos de patógenos humanos permitidos en los diferentes tipos de abono de biosólidos según los criterios de la EPA en Estados Unidos.

Clasificación del abono	Patógenos	Limites de población
Clase A	<i>Salmonella</i>	< 3 NMP/g
	Coliformes fecales	< 1000 NMP/g
	Virus entéricos	< 1 PFU/g
	Huevos viables de helmitos	< 1
Clase B	Coliformes fecales	< 2,000,000 NMP o UFC/g

Fuente: EPA (2003).
NMP: número más probable. UFC: unidades formadoras de colonias.

Cuadro 7. Máximos contenidos de metales pesados permitidos en abonos orgánicos en la Unión Europea, comparado con el contenido permitido en Estados Unidos y Canadá en mg/kg de materia seca.

Metal	Rango de la Unión Europea ^(a)	Estados Unidos (biosólidos) ^(b)	Canadá (g/g) ^(c)
Cadmio	0,7 - 1,0	39	310
Cromo	70 - 200	1200	50
Cobre	70 - 600	1500	—
Mercurio	0,7 - 10	17	0,15
Níquel	20 - 200	420	60
Plomo	70 - 1000	300	150
Zinc	210 - 4000	2800	500

^(a) Fuente: Brinton (2000).

^(b) Fuente: Henry (1991).

^(c) Fuente: Gies (1992).

B. Pruebas de campo

Las pruebas de laboratorio suelen ser poco accesibles para los pequeños productores. Por eso, es recomendable establecer también mediciones de calidad que puedan realizarse en el campo. Algunas de estas pruebas pueden ser:

- Olor:** el olor característico del abono orgánico es fácilmente identificable y conocido, como el olor a suelo de bosque. Puede utilizarse como indicador de madurez.
- Color:** en general, el abono tendrá una coloración café oscura o negra.
- Tamaño de partículas:** el tamaño de partícula es pequeño, menor a 2 mm.
- Madurez:** una de las pruebas de madurez es la prueba de germinación.
- Contenido nutricional y crecimiento en potes:** para determinar el contenido de nutrientes potenciales de un abono, la mejor práctica sigue siendo evaluar el material con plantas en potes, en diferentes relaciones compost:suelo. Se recomienda evaluar al menos cuatro mezclas: solo abono, solo suelo, 25:50 y 50:50.

Toma de muestras

El muestreo para el monitoreo de la calidad es también un aspecto muy importante que debe ser estandarizado. El Instituto de Manejo de Desechos de la Universidad de Cornell recomienda preparar muestras compuestas, realizando cortes verticales de la cama, y tomando al menos cinco muestras en todas las profundidades. Esto se debe repetir tres veces en la cama. Las muestras deben ser recolectadas y empacadas en materiales totalmente limpios y enviadas con la rotulación adecuada (Harrison y Fiesinger 2003).

Literatura citada

- Brinton, W. 2000. Compost Quality Standards and Guidelines. Estados Unidos, New York State Association of Recycles. Woods End Research Laboratory. 42 p.
- Castellanos, JZ; Pratt, PF. 1981. Mineralization of manure nitrogen-correlation with laboratory indexes. Soil Science Society of America 45:354-357.
- Geis, G. 1992. Regulating Compost Quality on Ontario. BioCycles 60-61.
- Harrison, E; Fiesinger, T. 2003. The quality of New York agricultural compost. Final report of the Compost Marketing and Labeling Project. New York, US, Cornell Waste Management Institute. 43 p.
- Henry, CC. 1991. Review of composting literature. Technical information on the use of organic material as soil amendment a literature review. Washington DC, US, Soil waste Composting Council.
- Kaufman, S; Goldstein, N; Millrath, K; Themelis, N. 2004. The state of garbage in America. Biocycle January: 31-41.
- Meléndez, G; Soto, G. 2003. Indicadores químicos de calidad de abonos orgánicos. In Meléndez, G; Soto, G; Uribe, L. eds. Abonos Orgánicos: principios, características e impacto en la agricultura. Costa Rica, CATIE, UCR.
- Mitchell, D. 1997. State Highway Department finds its way to use compost. Biocycle 39(8):67-72.
- Muñoz, 2003. Liberación de nutrientes a partir de broza de café. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE.
- Primavesi, A. 1982. Ecología de Suelos Tropicales. 5 ed. Argentina, Editorial El Ateneo. 449 p.
- Primavesi, A. 2003. Manejo ecológico de suelos. In Soto, G; Descamps, P. eds. Memoria del I Encuentro Mesoamericano y del Caribe y III Encuentro Costarricense de Agricultores Experimentadores e Investigadores en Producción Orgánica. Costa Rica. 208 p.

- Sasaki, S; Alvarado, A; Li Kam, A. 1994. Curso básico de agricultura orgánica. Costa Rica, Convenio UCR.JOCV. 30 p.
- Somarribas, O. 2002. Producción orgánica de naranja en Costa Rica. *In* Conferencia Internacional de agricultura Orgánica de IFOAM. Memorias. Canadá.
- Soto, G. 2003a. Abonos orgánicos: definiciones y procesos. *In* Meléndez, G; Soto, G; Uribe, L. eds. Abonos Orgánicos: principios, características e impacto en la agricultura. Costa Rica, CATIE, UCR.
- _____. 2003b. Liberación de nutrimentos de los abonos orgánicos: en búsqueda de la sincronía. *In* Meléndez, G; Soto, G; Uribe, L. eds. Abonos Orgánicos: principios, características e impacto en la agricultura. Costa Rica, CATIE, UCR.
- _____. 2004. Situación de la producción de abonos orgánicos en Costa Rica y Nicaragua: retos y estrategias. *In* Congreso Latinoamericano de Bioplaguicidas y Abonos Orgánicos (1). Memorias. Costa Rica.
- Uribe, L. 2003. Calidad microbiológica e inocuidad de los abonos orgánicos. *In* Meléndez, G; Soto, G; Uribe, L. eds. Abonos Orgánicos: principios, características e impacto en la agricultura. Costa Rica, CATIE, UCR.

Plagas Forestales Neotropicales



Jorge Macías (jmacias@tap-ecosur.edu.mx)
Marcela Arguedas (marguedas@itcr.ac.cr)
Luko Hilje (lhilje@catie.ac.cr)
José Cola Zanuncio (zanuncio@mail.ufv.br)
EDITORES

No. 14

Agosto, 2004

Nota editorial

Al cumplir tres años de producir este boletín, nos sentimos muy satisfechos de lo logrado hasta ahora, en nuestro compromiso de servir como difusores de información reciente y novedosa en el campo de la protección forestal. Sabíamos que no era sencillo que los técnicos y productores forestales reconocieran de inmediato el valor de una iniciativa como esta, pero el tiempo nos ha dado la razón, poco a poco. Nuestro anhelo original, de ampliar la cobertura hacia la patología forestal, se ha concretado desde hace varios números. Y ahora, más que nunca, se percibe la colaboración de nuestros lectores, al enviarnos sus aportes, de lo cual es un claro testimonio el presente número. Sirvan entonces estas palabras como un estímulo para quienes aún no lo han hecho, pero deseen enviarnos sus materiales informativos para los próximos números, con la firme convicción de ser cada día mejores, para beneficio de los productores forestales de nuestro continente.

Más sobre *Hypsipyla*

El barrenador *Hypsipyla grandella*, que infesta brotes de cedro y caoba en el Neotrópico, sigue siendo materia de discusión, sobre todo porque en la actualidad y a pesar de pulsos importantes en la generación de información, los plaguicidas siguen siendo el principal instrumento para mitigar su impacto en las plantaciones. Del 7 al 8 de octubre de este año, en Veracruz, México, se llevó a cabo la Primera Reunión Nacional de Barrenadores de Meliáceas (familia a la que pertenecen el cedro y la caoba). A esta reunión asistieron plantadores del

sector social y privado, la banca y las instituciones reguladoras y operativas para el desarrollo y manejo de plantaciones forestales en México. Los temas presentados fueron muy variados, pero todos ellos dejaron ver la necesidad de sistematizar el conocimiento empírico que se tiene del manejo cultural de las plantaciones con respecto al control del insecto, y la necesidad de integrar otras estrategias de control, ya que se hace un uso indiscriminado de los plaguicidas, la mayoría de ellos altamente tóxicos. Se habló de los programas gubernamentales y de la banca para fomentar y regular el desarrollo de plantaciones forestales. Se presentó un trabajo que mostró el uso de sistemas agrosilvícolas para disminuir el impacto de otra especie de barrenador, *H. robusta*, en plantaciones de meliáceas africanas. Si bien la plantación de especies exóticas (teca, melina, eucalipto, etc.) es de gran relevancia en Latinoamérica, las meliáceas siguen siendo muy importantes en el comercio internacional y un recurso nativo que debemos conocer adecuadamente.

Contacto:

Jorge Macías; ECOSUR
(jmacias@tap-ecosur.edu.mx).

Una plaga del palo culebro en México

En el municipio de Acapulco existe un árbol conocido como "palo culebro" o "palo gateado", *Astronium graveolens* (Anacardiaceae), conocido en Centro y Suramérica como "ron-ron". Cabe señalar que no solo la deforestación representa una amenaza para la supervivencia del palo culebro en el municipio de Acapulco, existe también un enemigo



Astronium graveolens dañado por *Brasilius mexicanus*.

bastante peligroso que está causando serios daños en esta especie: se trata un insecto llamado *Brasilius mexicanus* (Coleoptera: Cerambycidae), cuyas hembras llegan volando, atraídas por el aroma dulzón del exudado de la corteza del árbol, la cual rompen con sus fuertes mandíbulas para ovipositar en el interior, donde nacen unas larvas que crecen alimentándose primero de los tejidos de la corteza y, conforme crecen, penetrando

cada vez más en el tronco barrenando túneles de forma ovalada cada vez más anchos. Después de varios días, las larvas grandes ya se encuentran varios centímetros dentro del tronco, donde se convierten en insectos adultos que salen taladrando con sus mandíbulas un túnel diagonal que termina en un agujero ovalado de 1 x 2 cm de diámetro.

Se ha podido observar que, a pesar de la apariencia fuerte y vigorosa del palo culebro, ligeros daños sobre su corteza o madera provocados por el movimiento de la maquinaria cuando se realiza la apertura de calles o despalme de los terrenos para la edificación, cortes superficiales hechos por los trabajadores de las obras con herramientas manuales como machetes, o clavos introducidos en los árboles para colocar hilos o señalamientos, pueden ser la vía de acceso de la plaga, porque a las pocas semanas de haber sido dañado un árbol son visibles los efectos de las larvas, manifestados por perforaciones y el escurrecimiento del exudado de estas.

En las zonas que tienen varios años de haber sido intervenidas por el hombre, existen palos culebro ya muertos aún en pie, cubiertos por cientos de agujeros de alrededor de 2 cm de diámetro, profundos surcos dejados por las larvas y completamente huecos por dentro.

Contacto:

Roberto Otero, Universidad Autónoma de Chapingo (oteroz@yahoo.com.mx).

La roya de la teca en Ecuador

A finales del mes de septiembre del 2004, se observaron las primeras plantas afectadas con roya en el vivero y plantaciones experimentales jóvenes (seis años) de la finca experimental "La Represa" (01° 03' 27" S y 79° 25' 0" O), propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), ubicada en la provincia de Los Ríos, Ecuador.

Los síntomas de esta enfermedad consisten en el necrosamiento de las hojas, acompañado de coloración naranja a rojizo en el envés, lo que provoca defo-

liaciones prematuras. Además, esta sintomatología también ha sido observada en viveros y plantaciones jóvenes de teca en el área de influencia de la UTEQ.

Se conoce que el agente causal de la enfermedad es un hongo perteneciente al grupo de las royas. Según la forma de ataque, coloración sobre el envés, necrosamiento de las hojas, defoliación prematura y acelerada y características morfológicas del patógeno observadas en el microscopio, esta enfermedad podría ser causada por el hongo *Olivea tectonae* (Rac.) Thirum, que es un patógeno de importancia cuarentenaria en muchos países productores de teca. Su presencia estaba restringida hasta hace poco al sureste asiático; sin embargo, recientemente ha sido reportado en Costa Rica y Panamá (ver Boletín no. 13) atacando plantas en viveros y plantaciones jóvenes.

Este es el primer reporte de la presencia de roya atacando *T. grandis* en Ecuador.



Hoja de teca con síntomas de roya en el envés.

Contacto:

Carlos Belezaca Pinargote, Universidad Técnica Estatal de Quevedo (cbelezaca@yahoo.com).

Nueva plaga del chancho blanco en Costa Rica

Vochysia guatemalensis, conocida en Costa Rica como "cebo" o "chancho blanco", es una especie forestal nativa utilizada en los últimos años para la reforestación en las regiones húmedas del país, ya que presenta altas tasas de crecimiento. En octubre del 2002 y en octubre del 2004 se detectan plantaciones en Cariari (Limón) y Turrialba (Cartago),

respectivamente, severamente defoliadas por altas congregaciones de larvas de *Caviria* sp.

La larva es velluda y blanca, con la cabeza negra; en su último instar puede medir hasta 4 cm de longitud. En el dorso de cada uno de los segmentos torácicos y en los tres abdominales siguientes hay un punto azul (tubérculos) y dos rojos en los subsiguientes. La pupa es color verde azulado claro y se adhiere por medio de hebras de seda, principalmente en las nervaduras restantes de las hojas o en otras plantas del sotobosque. El adulto es de color blanco, con una extensión alar hasta de hasta 4,5 cm.



Larva de *Caviria* sp.

Contacto:

Marcela Arguedas (marguedas@itcr.ac) o Braulio Vilchez (bvilchez@itcr.ac.cr) (Instituto Tecnológico de Costa Rica).

Publicaciones recientes

Las siguientes publicaciones pueden ser de gran interés para ingenieros forestales y demás personal de campo, para la identificación de plagas y enfermedades en teca (*Tectona grandis*) y melina (*Gmelina arborea*).

Arguedas, M; Chaverri, P; Verjans, JM. 2004. Problemas fitosanitarios en teca (*Tectona grandis* L.f.) en Costa Rica. Recursos Naturales y Ambiente (Revista Forestal Centroamericana). 41: 130-135.

Arguedas, M. 2004. Problemas fitosanitarios de melina (*Gmelina arborea* (Roxb)) en Costa Rica. (en línea). Kurú: Revista Forestal 1(2). Disponible en <http://www.itcr.ac.cr/publicaciones/revistakuru>

Este Boletín está disponible por correo electrónico, o dentro de la revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología, a la cual puede ingresar a través de www.catie.ac.cr

CATIE Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

Acuerdo de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias de la OMC a examen

Este será el segundo examen de evaluación al Acuerdo MSF por mandato del Consejo de Ministros; el primero se realizó seis años atrás



Los países de las Américas tienen una activa participación en la conducción y dinámica de las reuniones del Comité de MSF de la OMC.

La cuarta Conferencia Ministerial de Doha solicitó al Comité de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias de la Organización Mundial del Comercio (OMC) examinar el funcionamiento y aplicación del Acuerdo MSF, tarea que deberá tener lista para la sexta Conferencia Ministerial, a realizarse en Hong Kong en el año 2005. Por acuerdo de los ministros, los países analizarán el funcionamiento y la implementación del Acuerdo de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias, considerando los avances logrados hasta la fecha.

Para cumplir con el objetivo, la Secretaría del Comité MSF propuso un plan de trabajo que incluye debates sobre los temas identificados y propuestos por los países miembros. Tales debates servirán de insumo al presidente del Comité, quien hará el informe y lo remitirá al Consejo de Ministros, previa aprobación del Comité. Se espera que el documento final esté aprobado por el Comité para junio de 2005.

¿Cuál es el desafío que tienen los países de cara al inicio de este segundo examen? El desafío para los países en este proceso es analizar las dificultades que han tenido los sectores público y privado en la implementación efectiva del Acuerdo MSF y, de manera proactiva, desarrollar soluciones para su implementación. Los países pueden proponer temas para la discusión con al menos 15 días de antelación a las reuniones.

Después de concluido el primer examen del Acuerdo MSF, en 1999, el Comité identificó, priorizó y analizó diez aspectos del Acuerdo. Desde entonces el Comité ha realizado importantes avances en algunos de ellos:

1. **Ejemplaridad:** Se aprobaron directrices dirigidas a facilitar la implementación práctica del concepto.
2. **Gobernanza:** Se aprobaron directrices para el artículo 5.5 referente a la aplicación de la coherencia en el establecimiento del nivel adecuado de protección.
3. **Transparencia:** Se ha mejorado continuamente el proceso de notificación.
4. **Armonización:** Se cuenta con un mecanismo dirigido a facilitar la armonización internacional.
5. **Asuntos Comerciales:** Los miembros incrementaron el espacio que brinda el Comité para ventilar y discutir casos comerciales.

Temas principales

Durante la XXX reunión del Comité MSF, efectuada del 21 al 23 de junio en la sede de la OMC, se discutieron diversos temas, entre ellos:

Transparencia: El Comité continuó discutiendo la propuesta de México para que los miembros examinen la posibilidad de realizar notificaciones sobre los reglamentos técnicos, sanitarios y fitosanitarios que se vayan a establecer cada año en el país.²

Por su parte, la delegación de China presentó un análisis sobre las notificaciones presentadas durante el año 2003. El mecanismo de notificación permite a los sectores público y privado monitorear y reaccionar ante los cambios o nuevas regulaciones adoptadas por la comunidad internacional. Estos son algunos de los datos presentados por China en su documento³:

- De 146 Miembros en la OMC para el año 2003, solamente el 31% presentaron notificaciones. El total de notificaciones presentadas fue de 856, entre ordinarias, de emergencia, addenda, revisiones y corrigenda.
- De las 621 notificaciones ordinarias presentadas en año 2003, la mayor cantidad corresponde al tema de inocuidad de los alimentos, con un 63% (Ver gráfico 1)
- De los 46 Miembros que notificaron, 15 (33%) son países de las Américas, con 386 (45%) notificaciones presentadas. (Los países miembros del IICA representan el 22% de los Miembros de la OMC).
- Entre los 10 países que más notificaron en el año 2003, cinco son de las Américas (dos de Norte América, uno de Centro América, uno del Sur y uno de la Región Andina).
- El tema reiterativo en las notificaciones ordinarias y de medidas de urgencia durante 2003 fue el límite máximo de residuos (LMR) aplicables a plaguicidas, bactericidas y preparados químicos o farmacéuticos utilizados en la medicina veterinaria. El total de notificaciones asciende a 234 en este respecto.
- De 267 medidas notificadas basadas en normas internacionales, 61 están relacionadas con Codex, 92 en las de la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) y 114 en las de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF). En 329 notificaciones no se hizo referencia a ninguna norma internacional pertinente.
- Solo en 142 notificaciones, 23% del total de notificaciones ordinarias se concedieron por lo menos 60 días para la presentación de observaciones.

Gráfico 1: Notificaciones ordinarias presentadas por los Miembros de la OMC según área, 2003



En el año 2003, los Miembros de la OMC realizaron un total de 856 notificaciones, de estas, 621 son ordinarias (notificaciones que se apegan a los criterios de notificación normales establecidos por el Comité MSF).

El 33% de los países que notificaron son de las Américas, y cinco de ellos están entre los diez Miembros que presentaron más notificaciones.

1. Para una lectura detallada de este proceso y la propuesta de trabajo se recomienda la lectura de los documentos G/SPS/12, G/SPS/AW/147, JOB(04)/71, disponibles en sistema de información de la OMC (www.wto.org) o en la página web del IICA: www.infoagro.net/salud en la sección de Reunión 30 del CMSF de la OMC.

2. El documento presentado por la delegación de México es el G/SPS/AW/136.

3. El documento presentado por la delegación de China es el G/SPS/GEN/498



Preocupaciones Comerciales entre los Miembros

Los asuntos comerciales resumidos a continuación se trataron durante la XXX Reunión del Comité de la OMC sobre MSF

Preocupaciones comerciales referidas a asuntos zoonosanitarios

- 1** Argentina/Comunidades Europeas (CE). Argentina, apoyada por EE.UU. y Australia. Condiciones impuestas por la CE para la importación de abejas: Argentina aseveró que los nuevos requisitos para abejas reina carecían de justificación científica y no tomaban en cuenta su condición de país libre de plagas para los dos parásitos en cuestión. Australia señaló que los requisitos eran inapropiados y EE.UU. solicitó que se exonerara a Hawái y que se reanudara el comercio.

La CE indicó que el propósito de las normas era preservar la condición de libre de parásitos de las abejas de miel y prevenir la introducción de los dos parásitos en cuestión. Había solicitado que Argentina promulgara legislación que asegurara la condición de su territorio como libre de plagas y estaba dispuesta a examinar sus medidas de frontera de ser necesario. 10/2003, 03/2004 (Acceso 13, 14)¹
- 2** Argentina/Indonesia. Restricciones de Indonesia a la importación de carne debido a la fiebre aftosa. Argentina expresó su preocupación por las restricciones impuestas por Indonesia a los productos bovinos debido a la fiebre aftosa. Argentina reiteró que gozaba de condición de estado libre de fiebre aftosa según la clasificación de la OIE y que no se justificaban restricciones comerciales.

Indonesia confirmó que en ese momento seguían prohibidos los productos bovinos argentinos. Las medidas sanitarias se aplicaban para proteger el país de la fiebre aftosa, pero remitiría el asunto a la capital para una aclaración adicional. 11/2001, 06-10/2003, 03/2004 (Acceso 6, 12, 13, 14)
- 3** EE.UU./CE. EE.UU., apoyado por Canadá. Requisitos de la CE en materia de subproductos animales: EE.UU. reportó que se habían dado derogaciones en los cueros, las pieles y el sebo, pero que todavía existían preocupaciones acerca de otros productos no apoyados por evaluaciones de riesgo, específicamente los alimentos para mascotas y la grasa amarilla. Canadá afirmó que las medidas transitorias habían generado un proceso normativo muy complicado, y esperaba que la cooperación recibida en el pasado continuara.

La CE aseveró que, por el momento, la aplicación de esa norma no debería conducir a interrupción del comercio. Planteó varios puntos que deberían ser considerados en el futuro, tales como las restricciones al origen de aceites para cocinar usados, incorporados a alimentos para animales y carne en canal no destinados al consumo humano. 04-06-10/2003, 03/2004 (Acceso 11, 12, 13, 14)
- 4** La CE/India. Restricción impuesta por la India a la importación de aves vivas, carne fresca y productos cárnicos frescos debido a la influenza aviar (IA): la CE aseveró que las amplias medidas impuestas por la India con respecto a los productos avícolas debido a la IA eran injustificadas y desproporcionadas a los riesgos. Las medidas debían adherirse al código de la OIE y la India debía de reconsiderar la prohibición actual, porque la CE estaba tomando todas las medidas necesarias.

La India afirmó que las medidas eran temporales pero que, dado el reciente brote de IA altamente patógena (aunque se aclaró que no se había reportado IA altamente patógena en ningún territorio de la CE) y el hecho de que su industria avícola estaba compuesta en gran parte de operaciones pequeñas, la prohibición seguiría. 03/2004 (Acceso 14)
- 5** La CE. El no reconocimiento a su condición de región libre de fiebre aftosa: La CE aseveró que algunos países seguían restringiendo las importaciones poniendo como justificación la fiebre aftosa. Indicó que todos los Estados miembros de la CE estaban libres de fiebre aftosa según los criterios de la OIE y que no había justificación científica para la prohibición. Insta a todos los países a que respetaran sus obligaciones como miembros de la OMC. 03/2004 (Acceso 14)
- 6** La CE. El no reconocimiento de la condición de región libre de Fiebre Porcina Clásica (PPC): La CE afirmó que algunos países miembros no reconocían la regionalización de la PPC. El enfoque adoptado para la regionalización cumplía con el Artículo 6 del Acuerdo MSF y podría ser apoyado con información adicional, si fuera solicitado. Sin embargo, algunos países no reconocían la regionalización, especialmente de Francia e Italia.
- 7** La CE, apoyada por Canadá. Restricciones generales a las importaciones debido a la situación de la encefalopatía espongiiforme bovina (EEB): La CE aseveró que las prohibiciones impuestas por algunos países miembros debido a la EEB no se ajustaban al código de la OIE, el cual debía usarse como la base para las prácticas y normas comerciales. Dichas prohibiciones eran discriminatorias, según el Artículo 3.2 del Acuerdo MSF. Canadá señaló que en la última reunión de la OIE se había vuelto a confirmar que ciertos productos tales como el semen, los embriones de bovinos recolectados in vivo, la leche y los productos lácteos, el sebo desproteinado y otros, no podían prohibirse, independientemente de la condición del país con respecto a la EEB.

Preocupaciones comerciales referidas a asuntos de protección fitosanitaria

- 8** Nueva Zelanda/Japón. Nueva Zelanda, apoyado por EE.UU. y la CE. Restricciones de los controles oficiales del Japón: Nueva Zelanda señaló que un consejo nacional de examen de cuarentena vegetal había concluido su trabajo recientemente y esperaba que las recomendaciones hechas podrían ser adoptadas rápidamente y que el Japón ajustaría sus prácticas en materia de cuarentena vegetal y fumigación a las normas de la CIPE.

El Japón reportó que el consejo de examen había emitido su informe en mayo. Las recomendaciones incluían el uso del análisis científico de riesgos de plagas para incluir normas internacionales. El enfoque recomendado sería implementado, empezando con las plagas de más alta prioridad. 06-11/2002, 03-06-10/2003, 03/2004 (Acceso 9, 10, 11, 12, 13, 14)
- 9** La CE/India. La CE, apoyado por EE.UU., Nueva Zelanda y Canadá. Restricciones impuestas por la India a las importaciones: la CE aseveró que el efecto de las medidas de cuarentena vegetal implantadas habían sido impedir la entrada de una amplia gama de frutas y verduras. El enfoque de la India había

La India señaló que después de que el asunto había sido planteado en la reunión del Comité de MSF en marzo, se habían implementado medidas provisionales. Sólo se habían ejecutado en forma parcial mientras se

1. Esta síntesis no fue preparada por la Secretaría de la OMC del CMSF y, por consiguiente, no es un documento oficial.

2. Los meses y los años en que el tema se trató en las reuniones del Comité MSF. Boletín Acceso - número en que se informó del asunto

sido prohibir los productos primero, y luego iniciar análisis de riesgo de plagas. Otros países externaron preocupaciones similares con respecto al acceso al mercado y el hecho de que las medidas propuestas no habían sido notificadas a la OMC. A los países se les había negado la oportunidad de hacer observaciones antes de que fueran adoptadas.

10 **Brasil/Japón: Restricciones impuestas por el Japón a la importación de mangos.** Después de dos reuniones, Brasil creía que se habían resuelto todos los problemas técnicos y que el Japón iba a poder proceder a la fase de consultas públicas. Brasil señaló que los mangos eran producidos por explotaciones pequeñas en que las exportaciones eran un importante componente de los ingresos totales.

11 **Canadá/Venezuela. Canadá, apoyado por EE.UU. y Chile. Restricciones impuestas por Venezuela a las importaciones de papa, ajo y cebolla: Canadá** aseveró que si se satisfacían los requisitos en materia de MSF, los permisos deberían otorgarse en forma permanente y automática. La aplicación de las prácticas actuales eran inconsistentes y a Canadá le gustaría lograr soluciones de largo plazo. Otros países externaron preocupaciones similares con respecto al uso de los permisos de MSF de una manera equivalente a las licencias para las importaciones, y solicitó que Venezuela examinara sus procedimientos para asegurar que fueran compatibles con sus obligaciones.

12 **Canadá/Brasil. Requisitos de Brasil para la importación de papas de siembra: Canadá** señaló que se había resuelto el problema y que Brasil había hecho varios ajustes a sus procedimientos. Consideró que el asunto podría haberse abordado mejor mediante una estructura más normativa y si se le hubiera dado la oportunidad de formular observaciones acerca de sus preocupaciones.

consideraban todas las observaciones hechas. Asimismo, discusiones bilaterales habían conducido a algunas soluciones. Las observaciones adicionales de los países se examinarían y las decisiones correspondientes se adoptarían en breve.

El Japón anunció que recientemente se habían completado evaluaciones técnicas para las moscas de la fruta del Mediterráneo y de la Carambola, y que se habían esbozado procedimientos para tratamiento térmico con agua caliente. El proceso de aprobación de importaciones ahora podría continuar. 06-10/2003, 03/2004 (Acceso 12, 13, 14)

Venezuela señaló que tenía entendido que se habían logrado respuestas positivas a los asuntos específicos planteados. No obstante, había tomado nota de las preocupaciones planteadas y se comunicaría con su capital para aclarar los asuntos en cuestión. 03-07-10/2001, 03-06/2002, 05-06-10/2003, 03/2004 (Acceso 4, 5, 8, 9, 11, 12, 13, 14)

Brasil afirmó que ambas partes habían logrado un resultado favorable y solicitó que las notas oficiales reflejaran dicha resolución del asunto. Asunto resuelto satisfactoriamente / 06, 11-2002 (Acceso 9-10)

Preocupaciones comerciales referidas a inocuidad de alimentos

13 **La CE/Emiratos Árabes Unidos y Qatar. Restricciones impuestas por los Emiratos Árabes Unidos y Qatar a las importaciones de aceite de oliva español: La CE** indicó que en el año 2001, algunos países del Golfo habían impuesto una prohibición al aceite de oliva español debido a un incidente aislado. Aunque se habían aplicado medidas en forma inmediata, la prohibición seguía. No se basaba en pruebas científicas y contradecía el Artículo 2, sobre los derechos y los deberes básicos.

Ni los Emiratos Árabes Unidos ni Qatar estaban presentes para responder. Nuevo caso

14 **La CE/EE.UU.. Exclusión de Francia de la lista de países autorizados para exportar ciertas carnes y productos derivados a EE.UU.:** La CE aseveró que una auditoría de USDA/FSIS en febrero no había cuestionado la calidad sanitaria de los productos ni había encontrado infracciones graves. La suspensión de 11 plantas había sido arbitraria y discriminatoria, se habían prohibido todas las plantas inspeccionadas, aunque no se había documentado ningún problema en el caso de 6 de esas plantas.

EE.UU. afirmó que en febrero había suspendido las importaciones con base en el control de procesos y deficiencias sanitarias. Había proporcionado numerosas notificaciones por adelantado de las deficiencias y había identificado potenciales controles durante varios años. Había invitado a Francia y otros funcionarios extranjeros a participar en la capacitación en APPCC y la reducción de agentes patógenos que se ofrecerá en setiembre. 03-/2004 (Acceso 14)

15 **EE.UU./Corea. EE.UU. apoyado por Canadá, Australia y la CE. Directrices de Corea para el análisis de límites máximos de residuos (LMRs):** Varios países externaron su preocupación en el sentido de que las actuales normas de Corea para la inspección de importaciones de granos, frutas y verduras seguían siendo discriminatorias, aunque se habían modificado y se había reducido su alcance. Los productores domésticos no estaban sujetos a los análisis obligatorios ni la misma estructura de costos. Los países solicitaron a Corea que modificara sus normas, para ajustarlas a los requisitos domésticos en materia de análisis.

Corea señaló que se habían hecho dos cambios sustanciales a las normas originales: los honorarios se habían reducido considerablemente, y el número de productos químicos que debían analizarse se había reducido de 196 a 47. Seguiría examinando los requisitos en materia de análisis con base en las normas y esperaba lograr un resultado positivo. 10/2003, 03/2004 (Acceso 13, 14)

16 **EE.UU./India. EE.UU., apoyado por la CE, Nueva Zelanda y Australia. La no notificación por parte de la India de diversas medidas sanitarias y fitosanitarias:** Los países aseveraron que el asunto se había planteado anteriormente y que se trataba del hecho de que la India no le había notificado a la OMC una serie de medidas sanitarias y fitosanitarias propuestas, ni había dado suficiente tiempo para el estudio y observaciones sobre de las mismas. En algunos casos, las medidas habían sido notificadas después de su implementación, lo que había resultado en restricciones indebidas a las importaciones. EE.UU. citó como ejemplos los productos lácteos, los alimentos para mascotas, los aditivos y LMRs.

La India reiteró su compromiso con el principio de transparencia. Estudiaría las áreas mencionadas por EE.UU. pero no se había dado cuenta de ningún problema específico. Nuevo caso.

17 **Colombia/CE. Colombia, apoyada por Cuba, Ecuador, Perú y Brasil. Límites máximos de residuos (LMRs) para ocratoxina A en café tostado y soluble:** Colombia reiteró su preocupación por el hecho de que Alemania había adoptado LMRs más altos para el café tostado y soluble sin justificación científica adecuada, y por el efecto negativo que esta medida podría tener en el café vendido en Europa. Otros países externaron preocupaciones similares, incluido el efecto adverso sobre pequeños productores.

La CE señaló que el documento proporcionado a la OMC contenía respuestas a la mayoría de las preguntas planteadas.⁵ Un grupo de expertos científicos estaba realizando un estudio de la ocratoxina A en el café y en una categoría más amplia de productos. Con base en sus conclusiones, la CE esperaba notificarle a la OMC de las normas propuestas, posiblemente para fines de julio, para incluir un plazo para recibir comentarios de 60 días. 10/2003, 03/2004 (Acceso 13, 14)

18 **China/CE: Límites máximos de residuos (LMRs) establecidos por la CE con respecto a los pesticidas en los alimentos:** China aseveró que la CE establecía límites máximos de residuos más altos que los establecidos por el Codex Alimentarius. Eran injustificados y muy estrictos para ser cumplidos por otros países.

La CE señaló que tiene una metodología para establecer los LMRs, la cual contempla el tipo de información e investigaciones existentes tanto en la CE como en el ámbito internacional. Señaló que estaba dispuesto a recibir información científica que ayudara a reevaluar los límites establecidos. Aseveró que, ante la ausencia de información o investigación, el LMR quedaba fijado automáticamente en el nivel de detección. Nuevo caso. Notificación G/SPS/WCH/236 y 237

Regionalización: Las posiciones en torno a este tema fueron discutidas por el Comité MSF tanto en la reunión formal como en la informal. Se analizó el documento presentado por la delegación de Chile⁴, el cual propone la adopción de directrices que fomenten la implementación del artículo 6 referente a regionalización (proceso similar al llevado a cabo con el tema de equivalencia). Esta posición es apoyada por países como Brasil, Perú, Uruguay, Costa Rica y México.

Canadá, Estados Unidos, Australia y Japón, por ejemplo, consideran que las normas o directrices que se generen en este tema deben ser desarrolladas dentro del marco de las organizaciones internacionales competentes, Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF) y la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE). El tema se seguirá discutiendo en una próxima reunión informal en el mes de octubre.

Trato Especial y Diferenciado (TED): En abril de 2003, el Comité MSF adoptó una propuesta canadiense dirigida a fomentar el TED con base en el uso de la transparencia. A la fecha, el Comité MSF ha discutido el mecanismo de cómo debe operarse, sin llegar todavía a un consenso que permita su aprobación.

La propuesta en discusión⁵ establece ocho etapas de ejecución, las cuales se ajustan a las prácticas y recomendaciones sobre la presentación y tramitación de notificaciones, e incluye nuevas medidas que se enfocan en el TED. El documento será sometido nuevamente a aprobación en la próxima reunión del Comité MSF en octubre.

Armonización: El Comité aprobó el sexto informe sobre vigilancia de la utilización de normas internacionales; sin embargo, no se presentó ningún caso nuevo, por lo tanto la Secretaría instó a los miembros a utilizar más activamente esta herramienta disponible⁶.

Información de los Miembros: Argentina presentó el reconocimiento de país provisionalmente libre de Encefalopatía Espongiforme Bovina (EEB) obtenido en la 72ª Sesión General del Comité Internacional de la OIE. Por su parte, Uruguay e Islandia manifestaron que también tienen ese reconocimiento de conformidad con las disposiciones del Artículo 2.3.13.4 del *Código Terrestre*.

Argentina, Colombia, Paraguay y Perú informaron al Comité sobre las acciones tomadas, logros y situación actual con respecto a la fiebre aftosa, mientras Canadá lo hizo con relación a la influenza aviar.

Brasil expuso el sistema de identificación y certificación bovina y bufalina que implementa actualmente y la Comunidad Europea informó sobre el reglamento adoptado en materia de piensos y alimentos y la normativa sobre salud animal y bienestar de los animales.

4. G/SPS/W/140/Rev.2
5. G/SPS/W/132/Rev.3
6. Ver documento G/SPS/31

Programa las siguientes fechas en sus actividades del 2005
Reuniones del Comité de MSF de la OMC para el 2005

7 y 8 de Marzo	Reunión informal
9 y 10 de Marzo	Reunión formal
27 y 28 de Junio	Reunión informal
29 y 30 de Junio	Reunión formal
24 y 25 de Octubre	Reunión informal
26 y 27 de Octubre	Reunión formal

Cifras relevantes

La XXX Reunión del Comité MSF, llevada a cabo del 21 al 25 de Julio en la OMC, contó con la participación de 34 países de las Américas.

- El 97% de los Estados Miembros del IICA (33 de 34) estuvieron presentes en la XXX Reunión del Comité MSF.
- El 100% de los países miembros del IICA que asistieron se hicieron presentes con expertos de "Capital".
- 26 países con 37 especialistas de "Capital" asistieron con el apoyo de la iniciativa para las Américas en MSF, dirigido a fortalecer la participación activa ante el Comité MSF. Esta fue la sexta reunión consecutiva.
- Se presentaron 13 declaraciones de países. 11 de ellas (85%) fueron de miembros de las Américas.
- En el tema de transparencia, México es el país que tiene una propuesta en discusión.
- En el tema de regionalización, Chile y Perú lideran la posición de realizar directrices, y ECU y Canadá la posición de analizar el tema en el marco de las organizaciones internacionales competentes.
- En el tema de Trato Especial y Diferenciado, está en discusión para su aprobación la propuesta de Canadá con las modificaciones de Jamaica.

"Checklist" de fechas importantes para la próxima reunión del Comité de MSF

30 de Julio	Entrega de temas para ser considerados en el examen del Acuerdo MSF y comentarios escritos sobre los antecedentes a la Secretaría.	()
27 de Setiembre	- Identificación de nuevos puntos para el monitoreo de procedimientos. - Consultas para la delegación de China con respecto a su proceso de adhesión e implementación del Acuerdo de MSF. - Fecha propuesta a los miembros para que los Miembros presenten por escrito observaciones al documento G/SPS/W/132/Rev.3, referente a Transparencia en el Trato Especial y Diferenciado.	() () ()
30 de Setiembre	Fecha límite para que las delegaciones oficiales de los países Miembros presenten solicitudes de capacitación ante el Instituto de Formación y Cooperación Técnica de la OMC, para el 2005.	()
12 de Octubre	Fecha límite para la entrega de documentos con los temas que se deseen considerar durante el examen.	()
14 de Octubre	Fecha límite para solicitar la incorporación de puntos específicos en la agenda del Comité.	()
15 de Octubre	Distribución de la agenda tentativa para la reunión del CMSF de la OMC. (Aerograma de la Secretaría)	()
25 y 26 de Octubre	Reunión Informal sobre Regionalización, Trato Especial y Diferenciado y Examen del Acuerdo de MSF.	()
27 y 28 de Octubre	Reunión XXXI del CMSF de la OMC.	()



Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)

Sanidad Agropecuaria e Inocuidad de los Alimentos
Tel.: (506) 216-0184
Fax: (506) 216-0173
Apdo. postal 55-2200 Coronado, Costa Rica
Dirección electrónica: sanagro@iica.ac.cr
www.infoagro.net/salud
www.iica.int

Conociendo los miembros del PITTA de Producción Orgánica: instituciones que se dedican a la investigación y capacitación en producción orgánica en Costa Rica: el Instituto Nacional de Aprendizaje

Carmen Durán
Directora del Centro Nacional Especializado en Agricultura Orgánica

El Centro Nacional Especializado en Agricultura Orgánica del Instituto Nacional de Aprendizaje (INA) fue creado en agosto de 1996 y pertenece al núcleo agropecuario del INA. Este centro busca coadyuvar al logro de la visión del INA: "Promover el desarrollo económico y social, contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida y de trabajo de las personas; así mismo, propicia la productividad y la competitividad empresarial e implementa acciones de formación profesional y capacitación efectivas, innovadoras, competitivas, e integrales, con igualdad en oportunidad para todas las poblaciones, especialmente las que se encuentran en desventaja social".

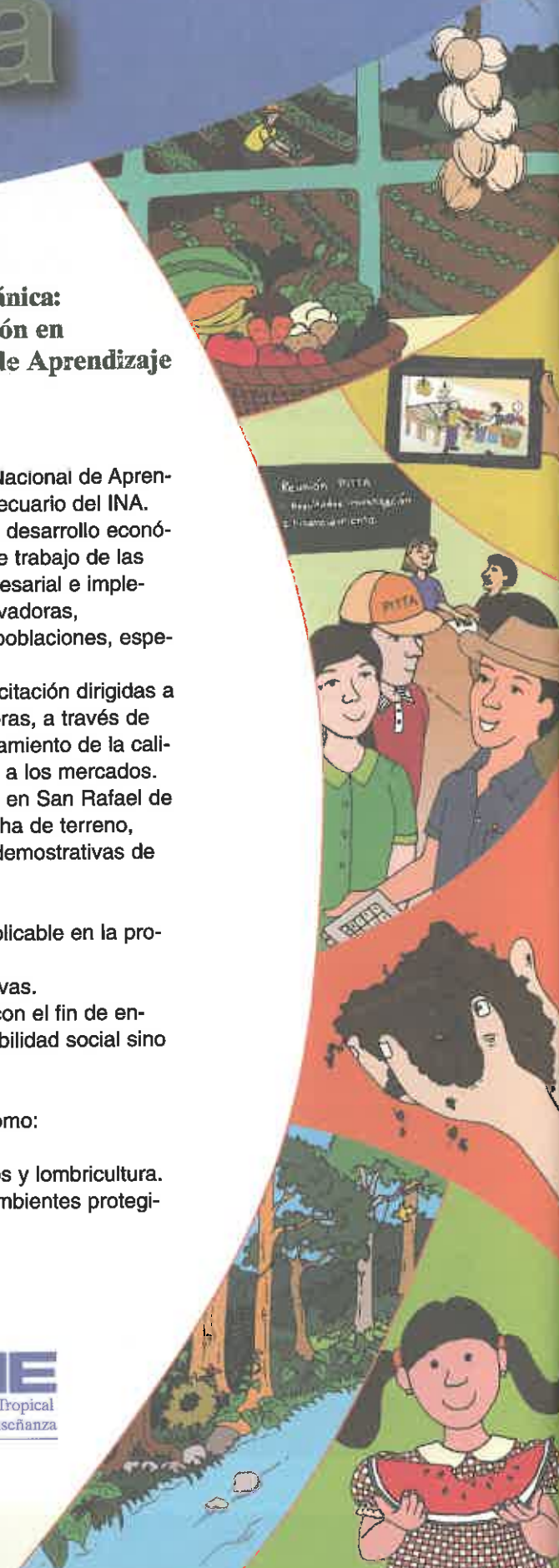
En ese sentido, el Centro desarrolla acciones de formación y capacitación dirigidas a productores independientes y trabajadores de empresas agroexportadoras, a través de programas de desarrollo tecnológico, reconversión productiva y aseguramiento de la calidad, con miras a enfrentar las exigencias de la globalización y apertura a los mercados.

El Centro Nacional Especializado en Agricultura Orgánica se ubica en San Rafael de Oreamuno, provincia de Cartago, Costa Rica. El Centro dispone de 17 ha de terreno, donde se encuentran las aulas-taller, laboratorios, oficinas y las áreas demostrativas de producción agrícola orgánica. Los objetivos del Centro son:

1. Generar a través de investigaciones prácticas tecnología viable y aplicable en la producción agrícola orgánica.
2. Transferir la tecnología a través de la ejecución de acciones formativas.
3. Implementar un cambio en el sistema productivo agrícola nacional con el fin de enfrentar no solo los problemas de la economía de escala y la sostenibilidad social sino también la agricultura sostenible.

Además, el Centro realiza Proyectos de Investigación Práctica, tales como:

- Manejo de desechos sólidos y líquidos a través de abonos orgánicos y lombricultura.
- Producción de cultivos orgánicos en condiciones naturales y bajo ambientes protegidos.
- Establecimiento en manejo de hierbas aromáticas y medicinales.
- Fitoprotección con el uso de microorganismos benéficos.



- Manejo de plagas mediante el uso de extractos naturales.
- Manejo de suelos y aguas.
- Gestión y desarrollo agroempresariales.

Transferencia de tecnología

Los resultados de las investigaciones se transfieren mediante formación complementaria, tal como:

- Cursos, donde se brindan los conocimientos y estimulan las habilidades y actitudes para que el desempeño sea mejor en su actividad productiva.
- Seminarios, donde se abordan temas específicos que dan como resultado la solución a problemas concretos.
- Asesorías, dirigidas específicamente a grupos organizados o empresas agropecuarias que requieren adquirir mejores conocimientos para un mejor desempeño.

Población atendida

El Centro trabaja con agricultores independientes y trabajadores del sector agroexportador de plantas ornamentales, follajes, flores y productos agrícolas.

Para contactarnos, obtener información adicional sobre los cursos que imparte el Centro y más, llámenos al tel. 551 8361 o mándenos un fax, al 551 8291. También puede escribirnos al correo electrónico cenagricor@ina.ac.cr.

Noticias

IV Encuentro Nacional de Agricultores Experimentadores e Investigadores en Producción Orgánica

El pasado 16 al 18 de agosto se realizó en el CATIE, Turrialba, el IV Encuentro Nacional de Agricultores Experimentadores e Investigadores en Producción Orgánica, en esta ocasión con la valiosa colaboración de CEDECO. Se contó con la participación de 123 personas, de las cuales el 57% fueron productores, el 35% técnicos e investigadores y el 8% estudiantes. A consideración de los organizadores, este IV Encuentro fue más exitoso que los anteriores, dada la activa participación de técnicos del sector público y los productores. En encuestas realizadas durante el evento se consultó a los productores la frecuencia con la cual les gustaría recibir estos talleres, y el 94% manifestó su interés de participar en ellos al menos una vez al año.

El PITTA está buscando la sede para realizar el evento del año próximo. Si están interesados en que el Encuentro se realice en su región, y cuentan con instalaciones para hospedar alrededor de 100 personas, por favor contacten a Gabriela Soto, al teléfono 558-2350 o al correo electrónico gabisoto@catie.ac.cr, en el CATIE.

Gira a AFAPROSUR en Pérez Zeledón

El PITTA de Producción Orgánica, en colaboración con la Dirección Regional del Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Región Brunca (Pérez Zeledón, Costa Rica), organizó una visita a la Asociación de Familias Productoras Agroecológicas del Sur (AFAPROSUR), en San Rafael de Platanares de Pérez Zeledón. Se contó con una asistencia de 42 productores de la zona, 10 productores que viajaron de la zona norte de Cartago (APROZONOC), y 15 técnicos de la región y miembros del PITTA.

Se visitó la finca del Sr. Luis Naranjo, quien compartió con los participantes sus experiencias en producción orgánica, incluyendo el almáximo de hortalizas y el área de producción de abonos orgánicos, donde observamos la producción de biofermentos, microorganismos de montaña, compost y lombricompost. Visitamos también las áreas de producción de hortalizas, donde observamos cómo, a pesar de ser esta una zona de suelos ácidos, rojizos, y no aptos para la producción de hortalizas, el Sr. Naranjo, al igual que todos los productores de AFAPROSUR, han logrado a través de la construcción de camas con techos plásticos (foto 1) mantener una producción que suple las Fenas semanales del Agricultor en San Isidro de Pérez Zeledón, donde los productos orgánicos tienen gran demanda.

Además de la producción de hortalizas, AFAPROSUR produce y procesa su propio café orgánico, que también comercializa localmente.



Producción de hortalizas en camas con techo plástico Finca Luis Naranjo (foto G. Soto 2004).

Pollos en pastoreo

Marco Vega, Mauricio Chacón,
Productores



Esta nueva alternativa productiva nace de la idea de criar un pollo que se desarrolle en condiciones más naturales, algo así como los que consumíamos en la casa de la abuela. Hoy en día los consumidores buscan no solo satisfacer sus necesidades, sino también cuidar su salud, y ponen especial atención en el proceso de producción que genera el alimento. Algunos clientes se preocupan por el bienestar de los animales, otros por el ambiente y otros por el bienestar de los productores, pero lo importante finalmente es lograr un producto que sea agradable para el paladar.

Día con día los agricultores han estado variado su forma de producir para brindarle al cliente frutas y verduras más naturales, y los productores de pollo, carne de res y cerdo no se pueden quedar atrás, ya que estas son las carnes más consumidas en Costa Rica.

La producción de pollo en pastoreo consiste en mantener los animales en un lugar agradable para la crianza. Los primeros quince días se mantienen en un galpón; al principio, son recibidos en una culeca artificial que se encarga de mantener la temperatura a 26 °C durante la noche. Durante el día se abre la culeca para lograr una temperatura ideal con ayuda de un ventilador. Estos primeros quince días son muy importantes porque preparan el pollo para el pastoreo. La alimentación consiste en concentrado de inicio.

Cuando el pollo está listo para el pastoreo, la alimentación se complementa con frutas, semillas, forrajes y concentrado. Este último consiste hasta en un 30% de maíz y durante las ocho semanas alcanza un consumo total de 4 kg por ave. A partir del día 15, el pollo tiene libre acceso tanto al galerón como al aparto, no se le obliga a salir ni a permanecer encerrado. La variedad utilizada es la misma que se usa en el sistema de engorde convencional y hemos observado que se mojan y se asolean sin problema. Cumplidos los 22 días, el pollo sale a las 5:30 am y entra a las 6:00 pm.



(foto G. Soto 2004)

Para el pastoreo se necesita un metro cuadrado por pollo y el pasto puede ser natural o manicillo. En el galerón se necesita un espacio de un metro cuadrado por cada ocho pollos. Para el manejo de mil pollos se necesitan alrededor de dos horas diarias.

Ventajas del pollo en pastoreo

- Carne de mejor sabor y más saludable
- Menos enfermedades, mortalidad 4%
- Menor costo de alimentación
- Se puede asociar con cultivos
- Cambio en los hábitos del consumidor

Desventajas del pollo en pastoreo

- Más inversión en cercas y mallas
- Mayor cantidad de terreno requerido
- Más mano de obra necesaria
- Mayor riesgo de la producción
- Mayor tiempo para el mercado

Nota del editor: la certificación orgánica requiere que toda la alimentación del ganado certificado orgánico sea orgánica. En nuestros países, todavía no hay disponible concentrado orgánico comercialmente, lo que dificulta la transición para los productores. Este artículo describe un proceso de transición para disminuir la dependencia de la alimentación en concentrados, y mejorar el bienestar de los animales y la calidad del producto.

Publicaciones



Descamps, P. 2004. Los Transgénicos en Costa Rica. COPROALDE, CEDECO, ACA-PRO y Pastoral Social de Limón. Disponible en COPROALDE, Costa Rica. Tel. 262-7289.

Futuros eventos de producción orgánica

18 al 21 de abril, 2005

Curso-Taller de Producción Orgánica de Hortalizas
Sede: Zarcero de Alfaro Ruiz, Costa Rica.
Organiza: CEDECO en coordinación con APODAR.
Fecha límite para recepción de solicitudes 4 de abril.
Tel.: (506) 236-1695 / 236-5498
Fax: (506) 236-1694
capacitacion@cedeco.or.cr
www.cedeco.or.cr
Costo del curso: US \$285.

9 al 13 de mayo, 2005

Curso Taller Agricultura Orgánica y Finca Integral Campesina
Fecha límite de inscripción 18 de abril
Sede: Centro Manú, Guápiles. Costa Rica
Curso para productores (as) y promotores (as) de base.
Organiza CEDECO.
Tel.: (506) 236-1695 /236-5198
Fax: (506) 236-1694
capacitacion@cedeco.or.cr
www.cedeco.or.cr

19 al 23 de setiembre, 2005

Congreso Mundial de Agricultura Orgánica y Asamblea Anual de IFOAM, en Australia. La fecha límite para el envío de presentaciones es el 15 de Diciembre del 2004. La lengua oficial es el inglés. Para mayor información, visite la página www.ifoam.org.

Marzo, 2005

Curso de inspectores orgánicos, coordinado por la Asociación de Inspectores Orgánicos Independientes (IOIA). EL próximo curso en español se llevará a cabo en México. La fecha exacta está por definir, pero para mayor información visite la página www.ioia.net.

Revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología

- Resultados y experiencias de investigación
- Foro de discusión
- Transferencia de tecnología
- Boletines informativos de redes de investigación

Visítenos en:

<http://www.catie.ac.cr/revistas>

o escribanos a: cicmip@catie.ac.cr

Tel. (506) 558 2408

Publicada por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)



Futuros Eventos

7-12 agosto 2004

12th International Symposium on Insect-Plant Relationships (SIP), Berlin, Germany

Sede: Freie University of Berlin, Institute of Biology, HaderslebenerStr. 9, D-12163 Berlin, Alemania

Información:

SIP Conference,
Correo electrónico: SIP12@zedat.fu-berlin.de
Fax: 49-30-8385-3897
Teléfono: 49-30-8385-3918

O bien, en el sitio
<http://www.biologie.fu-berlin.de/SIP12-Berlin/>

11-13 agosto 2004

25 Congreso de la Asociación Colombiana De Fito-Patología y Ciencias Afines (ASCOLFI)

Sede: Palmira, Valle, Colombia

Información:

ASCOLFI, Calle 37A #27-33, Palmira, Valle, Colombia
Fax/teléfono: 57-92-275-0557
Correo electrónico: ASCOLFI@telesat.com.co

O bien, en el sitio
<http://www.telesat.com.co/ascolfi/eventos.htm>

06-10 setiembre 2004

International Symposium on the Research into Behaviour and Ecology of Aphidophagous Insects (Ecology of Apidophaga 9)

Sede: Ceske Budejovice, República Checa

Información:

I. Hodek, Inst. Entomol. Acad. Sci., Branisovska 31, 37005
Ceske Budejovice, Czech Republic
Correo electrónico: Hodek@eritu.cas.cz
Teléfono: 420-38-777-5322
Fax: 420-38-43625

O bien, en el sitio
<http://www.entu.cas.cz>

05-10 setiembre 2004

20th Brazilian Congress of Entomology

Sede: Gramado, RS, Brasil

Información: CBE, CP 177, CEP 95.200-000 Vacaria, RS, Brasil
Correo electrónico: cbe@xxcbe.com.br

O bien, en el sitio
<http://www.xxcbe.br>

26-30 setiembre 2004

8th International Symposium on the Biosafety of Genetically Modified Organisms

Sede: Montpellier, Francia

Información:

ISBGMO, Lab. of Plant Cell and Molecular Biol., INRA
Versailles, 78026 Versailles Cedex, France
Correo electrónico: isbgmo@versailles.inra.fr
Teléfono: 33-1-308-33730
Fax: 33-1-308-33728

O bien, en el sitio
<http://www.inra.fr/gmobiosafety/>

19-22 abril 2005

XIII Congreso Latinoamericano de Fitopatología, y 3rd Workshop of the Argentina Association of Plant Pathologists

Sede: Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina

Información:

S. Lenardon, Cno 60, Cuadras Km 5.5, X5020ICA
Córdoba, Argentina
Correo electrónico: SLenard@infovia.com.ar
Fax: 54-351-497-4330.
Teléfono: 54-351-497-5093.

04-07 abril 2005

IX Simposio Internacional de Epidemiología de Virus en Plantas, "Applying Epidemiological Research to Improve Virus Disease Management"

Sede: Lima, Perú

Información:

Plant Virus Symposium, CIP, PO Box 1558
Lima 12, Perú
Correo electrónico: plant-virus-epidemiology-symp@cgiar.org
Fax: 51-1-317-5326
Teléfono: 51-1-349-6017

O bien, en el sitio
<http://cipotato.org/training/PlantVirusEpidemSymp05/>

www.catie.ac.cr

INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

NATURALEZA

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

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

ARBITRAJE

Cada artículo será revisado en su formato y presentación por la Editora, inicialmente, y luego remitido al menos a 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.

Instrucciones generales para la 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 previamente con la Editora.
- El límite máximo de extensión es de 25 páginas impresas, a doble espacio, en letra tamaño 12, tipo Times New Roman, incluyendo las ilustraciones. Las páginas deben estar numeradas. Cualquier artículo que no satisfaga este requisito será rechazado *ad portas*, excepto en casos muy calificados, a juicio del Comité Editorial. El estilo debe ser directo y conciso, 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, acompañado de la versión impresa, en dos copias. 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.

- 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.
- Las abreviaturas se explican la primera vez que son utilizadas (por ejemplo: *Estados Unidos de América, EUA*), y a partir de allí se utiliza solamente la abreviatura. Los géneros de los binomios se escriben completos solo la primera vez que se mencionan; después, se anotarán de la siguiente manera: *B. tabaci*, *P. solanacearum*, etc.
- Se recomienda a los autores revisar la ortografía del manuscrito antes de enviarlo a revisión.

ESTRUCTURA DE LOS ARTÍCULOS

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

TÍTULO

- Debe ser claro y conciso, reflejando en un máximo de 15 palabras, el contenido del artículo.
- 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.

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.
- En una nota al pie se describen la filiación institucional y la dirección completa, incluyendo el código de correo electrónico de cada uno de los autores.

RESUMEN

- El cuerpo de todo artículo científico debe ser precedido por un *Resumen* no mayor de 250 palabras, acompañado de una versión en inglés (*Abstract*). Al pie de cada uno de ellos debe haber cinco *Palabras clave*, también traducidas

al inglés (**Keywords**) descriptivas del contenido del artículo. Ambos requisitos facilitan la difusión del artículo en los servicios bibliográficos internacionales. El resumen debe ser una versión sintética de los aspectos más relevantes de las secciones de *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*.
- 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.
- Los *agradecimientos* recogen los nombres, sin títulos académicos, de las personas o instituciones que contribuyeron en aspectos claves de la investigación.
- *Literatura citada* enumera únicamente las fuentes bibliográficas consultadas mencionadas en el texto, 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).
- Cuando haya más de dos autores, se citarán completos en *Literatura citada*, pero se utilizará solo el nombre del primero en el texto, seguido de *et al.* (en cursiva).
- Los trabajos que aún no han sido aceptados para publicación aparecen en el texto, pero no en la sección de *Literatura citada*.

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*.
- Tanto las figuras como los cuadros deben aparecer lo más cerca posible de su mención en el texto; es decir, no deben aparecer figuras ni cuadros aislados.
- La leyenda debe estar al pie de cada figura y estar redactada de manera tal que el usuario no tenga que recurrir al texto para su interpretación. Se recomienda no sobrecargar las figuras, para facilitar su entendimiento. En tal sentido, se deben omitir las figuras en tres dimensiones, excepto que sea imprescindible hacerlo, así como la inclusión de líneas horizontales en el cuerpo de la figura o de símbolos decorativos excesivos.
- Los cuadros no deben repetir el contenido de los gráficos. Se debe evitar que sean recargados, con demasiadas columnas y exceso de información. Deben evitarse las líneas verticales y horizontales en el cuerpo del cuadro.
- Las fórmulas que aparecen separadas del texto deberán citarse con números o letras entre paréntesis, de manera que no queden aisladas.

El cumplimiento de todas las indicaciones anteriores facilitará la revisión y la edición de los artículos, lo cual evitará atrasos y agilizará el proceso de selección y publicación.

Dirección

Gabriela Gitli

Editora

Revista *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*

CATIE, 7170 Turrialba, Costa Rica

Tel.: (506) 558 2408 ó 558 2633

Fax. (506) 556 1576 ó 556 1533

cicmip@catie.ac.cr

ggitli@catie.ac.cr

Manejo Integrado de Plagas y Agroecología

¿Desea ser patrocinador de la Revista MIPA?



Cada vez hay más empresas involucradas en la generación y comercialización de tecnologías de manejo integrado de plagas (MIP) y agroecología. Asimismo, hay una amplia y creciente demanda de dichas tecnologías, pero muchas veces los usuarios desconocen cómo adquirirlas.

En su nueva etapa, tras 17 años de publicación ininterrumpida, la revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología desea constituirse en una herramienta para que dichos usuarios cuenten con un directorio de aquellas empresas interesadas en el desarrollo de sistemas productivos sostenibles, la conservación de los recursos naturales, y la protección de la salud de los agricultores y los consumidores.

Nuestra revista es el único foro en español específicamente dedicado al manejo integrado de plagas y la agroecología. Llega a 27 países del mundo. Además, está disponible en línea.

La imagen de su empresa estará vinculada a una publicación amparada por una de las instituciones agrícolas más prestigiosas de América Latina —el CATIE—, y a una revista indexada en las principales bases de datos internacionales en agricultura y premiada por el CONICIT de Costa Rica con el Premio a la Editorial Científica y Tecnológica.

Espacio publicitario (US \$ 600 por año)

- Diseño y diagramación del anuncio de su empresa, a todo color.
- Publicación impresa de su anuncio a todo color en cada número de la revista.
- Enlaces electrónicos al portal (sitio web) de su empresa.
- Dos ejemplares gratuitos de cada número de la revista durante el año de publicidad.

Patrocinio (US \$ 1500 por año)

- Publicación del logo de su empresa en la contratapa de cada número de la revista, resaltando así el compromiso de su empresa con la agricultura sostenible.
- Diseño y diagramación del anuncio de su empresa, a todo color.
- Entrega del original electrónico diseñado para su distribución adicional por medio impreso o electrónico.
- Publicación impresa de su anuncio en cada número de la revista.
- Enlaces electrónicos al portal (sitio web) de su empresa.
- Seis ejemplares gratuitos de cada número de la revista durante el año del patrocinio.
- El patrocinio es deducible del impuesto sobre la renta en Costa Rica (sede del CATIE).





Patrocinadores

La Revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología se complace en anunciar que, como parte de las actividades para generar ingresos que aseguren su sostenibilidad, cuenta con patrocinadores, los cuales aparecen anunciados en este espacio.



**United States
Department of Agriculture
FAS/ICD/RSED**



**Autoridad Sueca
para el Desarrollo
Internacional (ASDI)**
(Contribución vía Presupuesto
Básico de CATIE)

